Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke * Aktiengesellschaft *
Bibliothek
Gruppe I B
B.N. 27

I. B.ª 29.

BHS I B 27-5

Neuer Schauplatz

der

Bergwerkskunde

mit Berücksichtigung

der neuesten Fortschritte und Entdeckungen.

Herausgegeben und in allgemein faßlicher Weise dargestellt

von

einer Gesellschaft praktischer Bergleute.

Fünfter Theil.

Die Wasserhaltung

in Bergwerken,

sowohl durch Wasserlosungsstollen, als auch durch Wasserhebungsmaschinen und durch Verwahrung gegen die eindringenden Tagewasser.

Mit 16 lithographirten Tafeln.

BIBLIOTHEK DER K: B: GENERAL BERGW: U. SALINEN ADMINISTR:

Quedlinburg und Leipzig.

Druck und Verlag von Gottfr. Basse.

1847.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Einleitung.

Die meisten obern Gebirgsschichten enthalten mehr oder weniger Wasser, auf die man bei den bergmännischen Bauen trifft, und gegen die man, als dem Bergbau sehr hinderlich, sich sichern, oder die man entfernen muß. Alle Grubenwasser sind Tagewasser. Grundwasser im Sinne der alten Bergleute giebt es nicht.

Je ebener das Grubenfeld, oder je zahlreicher durchschnitten von kleinen Bächen und Gräben, je klüftiger dabei das allerwärts zu Tage anstehende (von Letten, Dammerde oder Rasen entblößte) Gestein, und endlich je verritzter, — mit Pingen oder Tagebrüchen bedeckt — das Ausgehende: — desto häufiger die Grubenwasser. — Grubenfelder unter Gebirgsabhängen gelegen, werden, so lange die Baue noch über der Thalsohle umgehen, von den Wassern wenig belästigt, weil diese einen tiefern Ausfluß finden. — Die Zugänge stehen einigermaßen im Verhältniß zum Neigungswinkel der Abhänge; denn sind diese steil, so fließt das Wasser schneller ab und hat somit weniger Gelegenheit, sich den Weg in das Gestein zu bahnen.

Die Klüfte, sowohl die mit dem Gestein auf gleicher Altersstufe stehenden Absonderungs- als auch diejenigen Klüfte, welche einer spätern Bildung angehören — besonders aber letztere wegen ihrer größern Mächtigkeit und streichenden Ausdehnung — sind die natürlichen Zuführungskanäle; sie gestatten als solche dem Wasser nicht nur den Zutritt in das Innere der Gebirge, sondern führen es auch wieder ab, wenn sie an tiefern Punkten die Gebirgsgänge schneiden: sie bilden hier die gewöhnlichen Quellen. *) — Die Klüfte nehmen mit der Teufe an Zahl und Mächtigkeit ab, das Gestein wird geschlossener, daher vermindern sich auch die Grubenwasser mit zunehmender Teufe.

Zahlreiche beim Bergbau gemachte Beobachtungen bestätigen das Gesagte. So hat z. B. die hochgelegene Grube Juliane bei Kupferberg in

*) Man kann sich nicht leicht der Quellentheorie anschließen, welche Herr Dr. Nowak in seiner Lehre vom tellurischen Dampfe ꝛc., Prag 1843, aufgestellt hat. Nach dieser sollen nämlich die Quellen den Ausfluß einer Wasserschicht bilden, die unter einer, nur eine halbe Meile starken Erdrinde sich befindet und dort den Druck eines Dampfes von 1322 Atmosphären ausgesetzt ist.

Schlesien in ihrem Tiefsten (175? Lachter) äußerst wenig Wasser gehabt; die sehr hoch (gegen 5500 Fuß Meereshöhe?) am östlichen Abhang des Mont Cornier im Canton Wallis gelegenen Gruben Bioley und Pétoliot hatten gar keine Wasser; eben so die am westlichen Abhang des Blauen bei Badenweiler gelegenen Grube Haus Baden.

Viele Wasser hat die in dem vielfach zerklüfteten Kalkstein liegende Friedrichsgrube bei Tarnowitz in Oberschlesien unter einer flachhügeligen Oberfläche. Die Zugänge wurden um 1828 zu 500 Kubikfuß pro Minute angegeben; sie sind seit jener Zeit mit zunehmender Ausdehnung der Baue vielleicht noch gestiegen. — Nicht weniger bemerkenswerth sind die bedeutenden Wasserzugänge der Steinkohlengrube Centrum bei Eschweiler. Hier rühren die Zugänge nicht nur von den das Steinkohlengebirge durchsetzenden Klüften, sondern auch, und wohl hauptsächlich, von den vielen Tagebrüchen her. Die Zugänge auf dieser Grube würden ohne die musterhafte Entwässerung der gefährlichsten Stellen der Oberfläche noch bedeutender sein. Die Grube Centrum wird vielleicht gegenwärtig 100 Kubikfuß Wasser auf einen Kubikfuß Kohlen fördern, was bei einer täglichen Förderung von 4000 Scheffel Kohlen, à 1,78 Kubikfuß Rheinl., 712,000 und pro Minute 494 Kubikfuß macht. Nach einer im Jahre 1825 vorgenommenen Messung des Herrn Obergeschwornen Wadsack — damaligen Revierbeamten — waren die täglichen Zugänge 385,623 Kubikfuß, die Kohlenförderung war 2300 Scheffel und das Verhältniß dieser zu der Wasserförderung = 1 : 94. Diesen Beispielen gegenüber erscheinen die Wasserzugänge des ausgedehnten Freiberger Bergbaues höchst unbedeutend, denn hier betrug, nach einer Zusammenstellung vom Jahre 1828, der Ausguß sämmtlicher 43 Wasserhaltungsmaschinen auf den Stollen in trocknern Zeiten nur 432, und in nassen Zeiten 564 Kubikfuß pro Minute; im letzten Fall also etwas mehr wie auf der Friedrichsgrube.

Von der Verminderung der Wasserzugänge mit zunehmender Teufe liefern fast alle tiefen Gruben Beispiele. Von vorkommenden Ausnahmen wird sich der Grund in einem ungewöhnlichen Ereigniß, wie z. B. in der Anfahrung einer bisher noch nicht durchbrochenen, besonders wasserreichen Kluft 2c. nachweisen lassen.

Die Mittel, welche man dazu anwendet, lassen sich in drei Abschnitte bringen, und bestehen in:

1) dem natürlichen Abflusse;
2) in der Emporhebung durch Maschinen;
3) in der Verwahrung durch Dämme 2c.

Erster Abschnitt.

Von den Wasserlosungsstollen.

Die Wasserlosung der Bergwerke wird entweder durch Stollen, die in benachbarte Thäler zu Tage ausgehen, oder durch Hülfe von Maschinen bestimmt. In letzterem Falle giebt die Ausförderung dieser Wasser, so gering sie auch sein mag, Veranlassung zu einer bedeutenden täglichen Ausgabe, außer den ersten Anlagekosten für die Maschine. Dennoch sind die Grubenbaue einem Ersäufen durch den Zuguß ungewöhnlicher Wassermengen, oder durch den Bruch einer Wasserhaltungsmaschine, unterworfen. Man muß demnach jedesmal dann Stollen treiben, wenn deren Anlage zur Beziehung der Wichtigkeit der Grube nicht gar zu kostbar ist. Der größte Theil von den Wassern, welche den Tiefbauen der Grube zufallen, gelangen fast immer durch die Klüfte in der Nähe des Ausgehenden der in Abbau stehenden Lagerstätten, oder durch die Abbaue in den obern Teufen derselben dahin. Gut angelegte und gut unterhaltene Stollen nehmen diese Wasser auf und führen sie zu Tage, ohne daß sie tieferen Sohlen zuzufallen vermögen. Auch kann man, wenn diese Stollen eine große Teufe unter Tage einbringen, auf dieselben, mittelst besonderer Schächte, die Wasser der Quellen und Bäche über Tage fallen lassen und mittelst geeigneter Maschinen, Wasserwagen, Wasserräder und Wassersäulenmaschinen, die Triebkraft dieser Gefälle zur Förderung, so wie auch zur Wasserhaltung aus den untersten Sohlen benutzen. So beschränkt sich also der Nutzen der Wasserlosungsstollen nicht allein darauf, daß alle Wasserhaltungskosten für die über der Stollensohle liegenden Baue vermieden werden, sondern sie dehnt sich auch auf den Betrieb der Tiefbaue aus, indem dadurch die Höhe vermieden wird, zu welcher die Gewässer durch die Maschinen gehoben werden, so wie auch durch eine bedeutende Verminderung des zu hebenden Volums.

Die Wichtigkeit der Wasserlosungsstollen rechtfertigt demnach die bedeutenden Kosten, zu welchen mehrere berühmte Baue dieser Art Veranlassung gegeben haben, sowie auch die Sorgfalt, mit welcher die Staatsbehörden ihre Erhaltung überwachen, besonders in solchen Ländern, wo sie einen mehr oder weniger bedeutenden Einfluß auf den Bergbau ausüben. Wenn die Gegenden, die man Bergwerksbezirke nennen kann, weil in denselben mehrere Lagerstätten nahe bei einander, entweder unter gleichem, oder unter verschiedenem Streichen oder Fallen, vorkommen, wenn solche Gegenden gebirgig und mit Thälern durchschnitten sind, so ist es zweckmäßig, dort allgemeine Wasserlosungsstollen von großer Ausdehnung zu betreiben, welche

mehrere Gruben zugleich lösen, und durch welche auch neue Lagerstätten ausgerichtet werden können, indem man noch unbekannte Theile des Gebirges, in welchem die Lagerstätten aufsetzen, durchfährt. Man findet dies am Harze, im Erzgebirge, im Mannsfeldischen, in Oberschlesien, in Cornwallis, wo überall entweder schon bedeutende Stollen vorhanden, oder noch im Betriebe begriffen sind.

Auch mehrere Steinkohlenbecken, die in Gebirgsgegenden vorkommen, werden durch große Stollen gelös't; dahin gehört Ober- und Niederschlesien, einige Grubenzüge im Saarbrückenschen 2c. Jedoch giebt der wohlfeile Preis, zu welchem man bei Steinkohlengruben mittelst der Dampferzeugung Triebkräfte zur Wasserhaltung erlangen kann, die Veranlassung, daß man bei dem Abbaue der Steinkohlenflötze selten zum Betriebe bedeutender Stollen greift. Dennoch ist es sehr wahr, daß selbst dort diese Stollen große Vortheile für die Wetterführung, die Förderung, die Regelmäßigkeit der Baue, die Untersuchung und Ausrichtung der noch unbekannten Theile des Gebirges gewähren, und daß sie wirklich oft weit haushälterischer, als die Anwendung von Maschinen, sein würden. Unglücklicher Weise stellt die Vertheilung eines Steinkohlenbeckens unter verschiedene Eigenthümer dem Betriebe allgemein nützlicher Baue Schwierigkeiten entgegen, die der gute Wille und die Einsicht der landesherrlichen Bergwerksbehörden nicht immer zu überwinden vermag.

Anlage der Wasserlosungsstollen. Der Entwurf zu einem Wasserlosungsstollen für eine oder für mehrere Gruben muß von der doppelten Absicht ausgehen, die schon vorhandenen, im Betriebe stehenden oder zu Sumpfe gegangenen Gruben in einer möglichst bedeutenden Teufe zu lösen, wobei natürlich die Kosten, sowie die Ausdehnung und der Reichthum der Lagerstätten besonders berücksichtigt werden müssen, um so viel, als möglich, die unbekannten Theile des Gebirges zu durchfahren und zu untersuchen. Gewöhnlich besteht ein Stollen aus Theilen, welche querschlägig durch das Gebirgsgestein und saiger auf dem Streichen der Lagerstätten getrieben worden, und aus Flügeln, die streichend auf der Lagerstätte aufgefahren sind. Man sucht übrigens die Betriebskosten dadurch zu vermindern, daß man die querschlägigen Theile des Stollens da betreibt, wo das Gestein am mindesten hart ist, z. B. auf den tauben Kreuzgängen, wenn solche vorhanden sind, und welche die in Abbau stehenden Lagerstätten unter einem Winkel durchsetzen, der dem rechten nahe steht. Alles hängt in dieser Beziehung von der Gestaltung des Landes, von der innern Constitution des Gebirges und von dem Verhalten der Lagerstätten ab. Die Stollenmundlöcher liegen im Allgemeinen auf den Thalsohlen, nicht weit von den dort fließenden Gewässern; jedoch legt man die Mundlöcher stets etwas höher, als der höchste Stand dieser Gewässer ist, um sich gegen zufällige Ueberschwemmungen zu sichern.

Die Dimensionen des Stollens. Soll er nur zur Wasserlosung dienen, so braucht man ihn selten höher, als 2 Meter, und weiter, als 1,75 bis 2 Meter, zu machen. Seine Steigung muß vorher bestimmt werden, und man muß genau dahin sehen, daß dieselbe streng gehalten werde,

ferner, daß die Sohle so gleich und eben, als möglich, geführt und der Wasserabfluß durch die Unebenheiten des Bodens nicht gehindert werde, damit die Sohle nicht von Schlamm, den das Wasser mit sich führt, bedeckt werde, und damit sie in allen Fällen leicht gereinigt werden könne. Die Steigung muß sehr gering sein, um bei der oft bedeutenden Länge des Stollens von seinem Mundloche bis zu den Grubenbauen die möglichst geringste Teufe zu verlieren. Die Theile eines Stollens, welche außerhalb der Lagerstätten liegen, und welche gewöhnlich nicht zur Fahrung dienen, können fast gänzlich söhlig getrieben werden, indem ein hoher Wasserstand in diesen Theilen keine bedeutenden Nachtheile hat und ein langsamerer Abfluß dort nicht schadet. Auf den Theilen in der Lagerstätte, wo eine Fahrung stattfindet, und wo sich auf der Sohle mehr erdige Theile niederschlagen, muß die Steigung 2- bis 3000 Theile betragen. Soll aber auf diesen Theilen der Stollen zugleich Förderung stattfinden, so muß die Steigung die erforderliche zur Erleichterung der Förderung sein, und darf alsdann nicht unter 5000 Theile betragen.

Betrieb der Wasserlosungsstollen. Sehr lange Stollen werden gewöhnlich zu gleicher Zeit an mehreren Punkten in Angriff genommen, sowohl von dem Mundloche aus, als auch von schon vorhandenen oder erst zu diesem Zwecke abzuteufenden Schächten ab. Die Richtung der Stollenlinie wird vorher über Tage durch Absteckpfähle bezeichnet, und ein Nivellement, welches sehr vorsichtig ausgeführt und stets controlirt wird, giebt die genaue Teufe des Stollens unter jedem Punkte an. Von jedem Schachte oder sogenannten Lichtloche aus kann man zwei Oerter auf der Streichungslinie des Stollens treiben, das eine nach dem Mundloche zu, das sogenannte Gegenort, das andere nach den Bauen zu, das Ort. Die einstweilige Wasserhaltung und Wetterlosung der Oerter vermehrt die Betriebskosten um ein Bedeutendes. Um die Wasserhaltung zu erleichtern, kann man, wenn die Entfernung der beiden Ortsstöße in Beziehung zu der dem Stollen zu ertheilenden Steigung mäßig ist, bei dem Betriebe der beiden Oerter, denselben ein geringes Fallen geben, damit die Wasser von selbst von den Oertern dem Schachte zufallen, wo man sie in einem Sumpfe sammelt. Sind alsdann alle Angriffspunkte mit einander durchschlägig, so fährt man die Stollensohle so nach, daß die verschiedenen Steigungen wegfallen. Diese Rectification der Sohle eines mit mehreren Oertern und Gegenörtern betriebenen Stollens muß stets vorgenommen werden, da bei den Nivellirungen geringe Irrthümer unvermeidlich sind; und damit dieselben keinen Nachtheil haben, hält man die Sohle der Oerter und Gegenörter etwas höher, als die des vollendeten Stollens und führt nach allen Durchschlägen die Sohle nach. Man kann aus dem »Mineralreichthume des Herrn von Villefosse« (Bd. 2. S. 164. ꝛc., der deutschen Ausgabe) Details ersehen, welche sich auf den Betrieb des tiefen Georgstollens zu Clausthal am Oberharz beziehen. Dieser Stollen ist mit seinen verschiedenen Flügeln mehrere deutsche Meilen lang und wurde bei seiner ersten Anlage in den Jahren 1780 bis 1799 an 17 verschiedenen Punkten in Angriff

genommen. Uebrigens verweisen wir wegen des Stollenbetriebes auf den von den Grubenbauen handelnden Theil dieses Werks.

Vorsichtsmaßregeln, um zu verhindern, daß die Wasser nicht tieferen Bauen zufallen. Wenn die Baue unter der Stollensohle liegen, so muß die letztere wasserdicht sein, besonders auf allen denjenigen Punkten, wo die auf denselben abgeführten Wasser den Tiefbauen zufallen könnten. Zu dem Ende müssen die als Feldstrecken auf der Lagerstätte selbst getriebenen Theile in dem festen Liegenden stehen, wenigstens ist es zweckmäßig, wenn die Wassersaige in dem Liegenden befindlich ist, und nicht auf der Lagerstätte selbst. Noch ein anderer Grund zu einem solchen Verfahren besteht darin, daß die von Tage eingedrungenen Gewässer größtentheils sich auf dem Liegenden befinden, und daher unmittelbar auf der Stollensohle gesammelt werden können. Ueberall da, wo besondere Umstände es nicht gestatten, sich an die vorhergehende Regel zu halten, und wo die Sohle nicht vollkommen wasserdicht ist, muß man hölzerne oder gußeiserne Gefluder auf dieselbe legen, auf denen alsdann die Stollenwasser weiter geführt werden. Dieselbe Vorsichtsmaßregel muß in der Nähe der Lagerstätten angewendet werden, wo das Gestein zerklüftet ist, indem diese Klüfte mit den Bauen in Zusammenhang stehen können.

Zweiter Abschnitt.

Von der Wasserhebung, Wasserhaltung oder Wassergewältigung.

Erstes Capitel.

Wassereimer oder Wassertonnen.

Wenn beim Schachtabteufen die Wasser noch nicht sehr häufig sind, so fördert man sie in denselben Tonnen, wie die Berge, mittelst Haspeln oder Göpeln aus, mögen dieselben nun durch Pferde, durch Wasser oder durch Dampf in Bewegung gesetzt werden. Am häufigsten werden diese Tonnen auf die gewöhnliche Weise ausgestürzt, und ohne sie von den Förderseilen abzuschlagen. Vor der Hängebank des Schachtes richtet man eine Art Trog oder einen Kasten von Holz vor (siehe den von der Förderung handelnden Theil), deren Boden nach vorn zu geneigt ist; nach der Seite des Schachtes zu ist dieser Kasten durch ein in die Quere laufendes Stück Holz geschlossen, welches einen Rand bildet. Am untersten Ende der geneigten Ebene und in einem Winkel des Kastens ist ein Loch befindlich, durch welches die Wasser mittelst eines kurzen Kanals so weit abgeführt werden, daß sie durch Infiltration nicht wieder in den Schacht zurückfallen können. Die zu gleicher Zeit mit dem Wasser ausgeförderten Berge werden auf den Boden des Kastens ausgestürzt und dann entweder mit der Schaufel weg-

genommen und in der Nähe aufgeworfen, oder, wenn es erforderlich ist, in Karren geladen und weiterhin über die Halde gestürzt.

Wenn man große Tonnen anwendet, welche von Göpeln ausgefördert werden, so entleert man sie häufig, so wie wir in dem von der Förderung handelnden Theil dieses Werkes gesagt haben, daß man sie auf einen über die Schachtöffnung gelegten Balken zurückgehen läßt und sie alsdann durch einen zweiten beweglichen Balken umstößt. Der Stoß der auf den Balken zurückfallenden Tonne kann den Bruch desselben veranlassen, und man muß es vermeiden, daß keine Gesteinsstücke in den Schacht fallen, wo sie die dort mit Abteufen beschäftigten Arbeiter tödten oder verwunden könnten. Aus diesem Grunde hängt man, wenn man diese Art des Stürzens anwendet, den Balken mittelst seiner beiden Enden durch Seile an das Seilscheibengerüst, deren Länge bloß hinreicht, damit die Bewegung möglich sei, und an welchem die Bruchstücke des Balkens im Falle eines Bruches hängen bleiben. Ohnerachtet dieser Vorsicht kommt es sehr häufig vor, daß die mit dem Absinken beschäftigten Arbeiter durch ein Gesteinstück, oder durch ein Holzbruchstück, welche in den Schacht zurückfallen, verwundet werden, und es würde daher zweckmäßig sein, statt der Balken einen Kasten mit Rädern, der sehr fest ist und sich auf eisernen Schienen bewegt, zu nehmen. Wenn nun die Tonne über der Schachtöffnung ankommt, so schiebt man ihn über den Schacht und läßt die Tonne auf diesen Kasten zurückgehen, in welchen man sie auf die oben beschriebene Weise ausstürzt. Jedoch braucht der Kasten nicht die ganze Schachtöffnung zu bedecken. Es ist aber durchaus nothwendig, die Tonne umzustürzen, und man kann sie nicht durch ein Ventil am Boden entleeren, wenn man zu gleicher Zeit Wasser und festes Gestein ausfördert.

Die Eimer oder Tonnen werden auch dann noch häufig zur Wasserhaltung angewendet, wenn eine Grube in regelmäßigem Betriebe ist, sobald die Grundwasser gering sind und während eines Tages leicht in einem Sumpfe oder Behälter von geringen Dimensionen aufgenommen werden können. Nach Vollendung der Tagesschicht wird alsdann die Maschine zur Wasserförderung angewendet, indem man alsdann nur die Fördertonnen durch Wassertonnen ersetzt. In diesem Falle ist es sehr zweckmäßig, feste Tonnen mit einem Ventil am Boden zu haben, welche sich rasch in dem Sumpfe füllen, und sich, ohne umgestürzt zu werden, in einen mit Rädern versehenen Trog entleeren, den man über den Schacht schiebt, sobald die Tonne über die Oeffnung hinausgefördert ist. Hölzerne Tonnen, und ohne Ventil am Boden, schwimmen erst, ehe sie sich füllen; während dieser Zeit fährt man fort, das Seil nachzulassen, welches man darauf wieder aufziehen muß. Die Umstürzung der zu Tage angelangten Tonnen hat den doppelten Nachtheil, eine schwierige Arbeit zu veranlassen und die Tonnen rasch zu zerstören.

Wenn die Wasserhaltung durch Tonnen fast ununterbrochen und mittelst eines Schachtes erfolgt, der nicht zu gleicher Zeit zur Erzförderung dient, so kann man das Entleeren durch eine sehr einfache Vorrichtung bewirken, die in Fig. 1, Taf. 1. dargestellt worden ist. Sie besteht darin, das Seil

an einem eisernen Bügel aufzuhängen, der mit der Tonne durch Zapfen an dem äußern Umfange verbunden ist; diese Zapfen sind an den beiden Enden eines Durchmessers in geringer Höhe über dem Schwerpunkte der mit Wasser angefüllten Tonne angebracht und drehen sich frei in den Augen des Bügels. Wenn nun die Oeffnung einer mit Wasser angefüllten Tonne einige Zoll über der Hängebank und über dem Rande des vor derselben zur Aufnahme des Wassers vorgerichteten Kastens angelangt ist, so wird die Tonne von dem gekrümmten Ende einer hakenförmigen Eisenstange gefaßt, dessen anderes Ende auf dem Boden des Kastens durch ein Querstück festgehalten wird, welches sich in Krampen, die in diesen Boden eingetrieben sind, bewegen kann. Der Haken kann sich auf diese Weise, indem sich sein eines Ende dreht, mit dem gekrümmten emporheben. Wird nun die Tonne weiter emporgehoben, so gießt sich dieselbe über den Rand des Troges aus, und wenn sie entleert ist, so braucht man nur die Tonne wieder niedergehen zu lassen. Die beschriebene Vorrichtung wird häufig bei der Wasserhaltung mittelst Haspel und Kübel von mäßiger Größe angewendet.

Die Fig. 2 und 3. Taf. 1. stellen eine Vorrichtung dar, welche zur Wasserhaltung mittelst Tonnen in donnlägigen Schächten angewendet wird. Statt der Tonnen wendet man prismatische hölzerne oder blecherne Kästen a an, die mit Rädern versehen sind, welche auf Gestängen auf dem Liegenden des Schachtes laufen. Diese Kästen hängen an den Seilen mittelst des Bügels b, der zwei Zapfen umfaßt, die an seinen Seiten fast in der Höhe des Schwerpunktes von dem gefüllten Kasten angebracht sind. An dem obern Theile des Schachtes angelangt, treten die Vorderräder gegen die Enden cc der Schienen, welche nach Innen zu kreisförmig umgebogen sind, so daß sie diese Räder umfassen. Der Haspel, welcher sich in derselben Richtung zu drehen fortfährt, hebt den Kasten, welcher sich um die Vorderachse dreht, und sein Inhalt wird in den vor der Hängebank angebrachten Kasten ausgegossen. Der Kasten wird bei seiner drehenden Bewegung durch zwei seitwärts angebrachte und auf dem Liegenden des Schachtes befestigte Stücke Eisen oder Gußeisen dd geleitet. Sie sind nach einem Kreisbogen gekrümmt, dessen Mittelpunkt die Vorderachse ist, sobald die Vorderräder in die gekrümmten Theile der Schienen cc eingetreten sind. Zwei Rollen rr, welche an den Seitenwänden des Kastens befestigt worden sind, treten gegen die Stücke dd, während zu gleicher Zeit die Vorderräder gegen die Schienenenden cc treten. Die Rollen rr drehen sich um die Leitstangen dd während der Drehung des Kastens, und diese Drehung wird durch die gekrümmte Form der Leitstange begrenzt, indem sich diese Rollen nicht viel über die Stellung erheben können, in welcher der Boden des Kastens a horizontal ist. Es können diese Kästen am Boden mit Ventilen versehen sein, um ihre Füllung im Schachttiefsten zu erleichtern.

Eine ununterbrochene Wasserhaltung mit Kübeln oder Tonnen wird übrigens durch die schnelle Abnutzung der Seile in der fortwährenden Feuchtigkeit sehr kostbar, so daß es weit haushälterischer ist, Pumpen anzuwenden.

Paternosterwerke oder Kastenkünste. Diese Maschinen wer-

den zuweilen in den Bergwerken zur temporären Wasserhaltung aus geringen Teufen angewendet. Es sind diese Maschinen nicht von denen verschieden, welche allgemein bekannt sind und zuweilen anderweitig angewendet werden, weßhalb wir uns nicht bei ihrer Beschreibung aufhalten. Wir bemerken nur, daß die Anwendung eines Paternosterwerks oder einer Kastenkunst, d. h., einer Kette ohne Ende, an welcher in gleichen Abständen von einander Kübel angebracht sind, und die an ihrem obern Ende über die Enden von Armen oder ebenen Scheibern geht, die an einer horizontalen Welle angebracht worden sind, sehr vortheilhaft bei dem Abteufen wenig tiefer Schächte in mildem, sandigem oder thonigem Gebirge angewendet werden könnten. Die bei einem solchen Abteufen vorkommenden Wasser enthalten Sand und andere feste Körper, welche sehr bald die Liderung der Pumpenkolben zerstören und das Spiel der Ventile verhindern. Die Maschine müßte aber alsdann eine solche Einrichtung haben, daß die Wasser bei zunehmenden Teufen geschöpft werden könnten, indem sie dieselben stets fast in der Höhe der Schachtöffnung ausgießt. Man würde dieser Bedingung genügen, indem man die Kette, welche die Kästen oder Kübel trägt, mit der weitern Abteufung verlängerte, welches erforderte, daß die Glieder der Kette durch Schraubenbolzen oder durch Bolzen mit Schließkeilen, welche leicht entfernt werden können, verbunden würden. Bei etwas größern Teufen, von etwa 10 Metern und darüber, können wir nicht zu der Benutzung dieser Maschine rathen, indem alsdann durch die leichtere Möglichkeit von Kettenbrüchen die Arbeiter einer steten Gefahr ausgesetzt sein würden.

Zweites Capitel.

Von den Pumpen.

Die Pumpen sind derjenige Apparat, welcher am häufigsten zu der Wasserhaltung angewendet wird, und sie haben sehr verschiedenartige Formen und Einrichtungen.

Hölzerne Pumpen von geringen Dimensionen. Bei einer temporären Wasserhaltung aus geringen Teufen bedient man sich häufig hölzerner Pumpen von einer sehr einfachen Einrichtung, welche auf der Grube selbst von den Zimmerlingen angefertigt und auch von denselben unterhalten werden.

Die Fig. 4, Taf. I. stellt eine Pumpe dieser Art dar. Sie besteht aus einem ausgebohrten Baumstamme, dessen Durchmesser im obern Theile **mn** bedeutender ist, als im untern **no**, so daß bei **nn'** ein ringförmiger Sitz vorhanden ist, auf welchem das Ventil **S**, das sogenannte Saugventil, auch das untere feste oder ruhende Ventil genannt, liegt. Ein mit einer Klappe **c** versehener hohler Kolben bewegt sich in dem untern Theile der weitern

Röhre unmittelbar über dem Ventile S. Der engere untere Theil dient als Saugröhre. Diese Saugröhre steht mit ihrem untern Ende in dem zu hebenden Wasser; man ertheilt dem Kolben P, dessen Stange T sich über der obern Oeffnung erhebt und mit einem Quergriffe M versehen ist, eine abwechselnde geradlinige Bewegung, die bei einer directen Bewegung mit den Armen 30—40 Centim. oder 12—16 Z. beträgt. Wenn der Kolben in die Höhe geht, so hebt sich die Klappe c' des Ventils S, und wenn man nun annimmt, daß die Pumpe schon mit Wasser angefüllt sei, so geht das Wasser in dem untern Theile n o der Pumpe durch das Ventil S, um den Raum, den der Kolben unter demselben leer läßt, zu füllen, während das Wasser des Sumpfes, auf welches die Atmosphäre drückt, sich in der Pumpe erhebt und dem folgt und das ersetzt, welches vorher in der Röhre n o befindlich war. Zu gleicher Zeit wird die Klappe c des Kolbens geschlossen, und die Wassersäule wird durch den Kolben gehoben und ausgegossen; wenn der Kolben, nachdem er seinen aufgehenden Lauf vollendet hat, wieder abwärts geht, so schließt sich die Klappe c' des Ventils S wiederum und verhindert die rückgängige Bewegung des Wassers, welches vorher den Raum zwischen diesem Ventil und dem Kolben ausgefüllt hat. Die Klappe c des Kolbens öffnet sich, das Wasser geht durch diesen Kolben, oder vielmehr der Kolben senkt sich in dem Wasser, und es strömt alsdann durch den obern Theil der Pumpe eine Wassermasse, die gleich dem Volum von demjenigen Theile der Stange T von dem Kolben ist, welcher zuvörderst außerhalb der Pumpe befindlich war, und welcher in dem Maße untertaucht, als der Kolben niedergeht. Wir setzen voraus, daß unsere Leser die Grundsätze der Physik kennen, welche das Aufsteigen des Wassers in den Pumpen bestimmen, so wie auch die Ursachen, welche dieses Emporsteigen verhindern, und das veranlassen können, was man einen Halt nennt, selbst in dem Falle, in welchem sich der Kolben über den Wasserstand nur um eine Höhe erhebt, welche geringer als die einer Wassersäule ist, welche dem Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht hält. Uebrigens weiß man, daß man bei einem Stillstande der Pumpe nur Wasser in alle ihre Theile zu gießen braucht, um das Spiel wieder von Neuem beginnen zu lassen. Wir gehen daher nun zu der Beschreibung der Theile über, aus denen die sehr einfache Pumpe, welche in Fig. 4, Taf. I. dargestellt worden ist, bestehen. Die Fig. 5 und 6 stellen nach einem weit größern Maßstabe den Kolben P im senkrechten Durchschnitte und im Grundrisse dar. Die Fig. 7 ist ein senkrechter Durchschnitt des Ventils S, dessen Grundriß Fig. 8 zeigt. Der Körper des Ventils S ist ein hölzerner Cylinder, der in der Gestalt eines abgestumpften Kegels ausgehöhlt ist, dessen große Basis nach unten liegt, und der mit einem eisernen Bügel a m b versehen ist. Die Klappe c ist eine Lederscheibe von einem weit größern Durchmesser der obern Oeffnung a'b' des Ventils; sie hat auf der einen Seite ihrer Peripherie einen Anhang q, Fig. 8, mit welchem sie auf dem Rande des hölzernen Kegels aufgenagelt ist. Diese Lederscheibe liegt zwischen zwei hölzernen oder metallenen Scheiben, von denen die obere e einen größern Durchmesser und die untere e' einen kleinern Durchmesser hat, als a'b'. Die feste Scheibe e hat übrigens einen etwas

geringern Durchmesser, als die lederne. Alle drei Scheiben sind durch eiserne Niete, oder durch kleine Schraubenbolzen mit einander verbunden. Die Steifigkeit der Scheibe e verhindert das Leder, durch den Druck des obern Wassers in den untern Raum hineingedrängt zu werden. Uebrigens verlängert sich diese Scheibe in einen etwas aufwärts stehenden Anhang, der sich auf derselben Seite befindet, als der Anhang der Lederscheibe, und welcher die Klappe verhindert, über die senkrechte Stellung hinauszugehen und sich zu überschlagen, wenn das durch die aufsteigende Bewegung des Kolbens hervorgebrachte Ansaugen erfolgt. Der hölzerne Kegel ist von ungeflochtenem Hanf umgeben, der mit einem fetten Körper, zuweilen auch nur mit Thon, überzogen ist. Wenn das Ventil mit seiner Klappe versehen ist, führt man es durch den obern Theil der Pumpe ein und versenkt es mit Hülfe einer eisernen Stange, indem man, wenn es erforderlich ist, mäßige Schläge darauf führt, bis daß es zu seinem ringförmigen Sitze n n', Fig. 4, gelangt ist.

Der Kolben besteht aus Holz und hat dieselbe Gestalt wie das Ventil S. Der Bügel, mit welchem die Kolbenstange verbunden ist, besteht zuweilen aus Holz und aus einem Stück, wie der Körper des Kolbens. Die Kolbenklappe besteht, wie die des Ventils, aus Leder. Sie ist mittelst eines Schwanzes auf den Rand ik festgenagelt. Die Liderung des Kolbens, welche den Durchgang des Wassers zwischen ihm und den Röhrenwänden verhindert, ist ein einfacher lederner Kranz aa' und bb', Fig. 5, welcher mit dem untern Ende auf den untern Rand des hohlen hölzernen Cylinders festgenagelt ist. Wenn sich der Kolben erhebt, so entfernt der Druck des darüber befindlichen Wassers den ledernen Kranz von dem Holze und nimmt die Gestalt an, welche in Fig. 5 dargestellt worden ist, und sein oberer Rand legt sich genau gegen den Pumpenkörper.

Nur etwas geschickte Untersteiger oder Zimmerlinge können solche Kolben und Ventile recht gut anfertigen und repariren. Soll der Kolben reparirt werden, so zieht man ihn durch den obern Theil der Röhre heraus. Auch das Saugventil wird auf diese Weise herausgezogen; man sucht beide auf dem Boden der Röhre mittelst einer hölzernen Stange von zweckmäßiger Länge, die unten hakenförmig gebogen ist, mit welcher man den eisernen Bügel des Ventils zu ergreifen sucht.

Wenn die Pumpe auf niedrigen Strecken aufgestellt ist, so besteht die Stange, mittelst welcher das Ventil S in die Röhre hineingestoßen oder aus derselben herausgezogen wird, aus mehreren vereinigten Stücken. Jede Stange endigt an dem einen Ende in einen geschlossenen Ring, und an dem andern in einen Ring, der etwas offen bleibt, so daß man den Ring von der vorhergehenden Stange leicht damit vereinigen kann. Muß man trübes Wasser auspumpen, in welchem Sand und Gesteinstücke vorhanden sind, so umgiebt man den untern Theil der Saugröhre mit einem Korbe von geflochtenen Ruthen, durch welchen das angesaugte Wasser gehen muß, und welcher das Eindringen fester Körper in der Pumpe verhindert, weil sonst dieselbe bald unbrauchbar sein würde.

Die hier beschriebenen Pumpen werden besonders in den Grubenbauen selbst angewendet, um geringe Quantitäten von Wasser zu heben, welche

sich auf der Sohle von abfallenden Strecken oder von Gesenken ansammeln, und welche sich auf Strecken ausgießen, auf denen sie einem Sumpfe zugeführt werden, von wo aus sie andere Maschinen aufnehmen. Nie sind sie länger, als 10 Meter; der unter dem Ventil S befindliche Theil ist 1,50 bis 2 Meter lang. Sie sind leicht zu transportiren und aufzustellen. In den abfallenden Strecken legt man sie ganz einfach auf die Sohle, woselbst man sie mit Hülfe einiger Querschwellen und einiger eisernen Klammern befestigt. Man bewegt den Kolben entweder unmittelbar, indem man die Stange T mittelst des Querstücks M, Fig. 4, ergreift, oder mittelst eines geraden oder Winkelhebels mit ungleichen Armen. Der Kolben hat nie über 15 oder 16 Centimeter (6 bis 7 Zoll) Durchmesser; dem Holze des ausgebohrten Baumes muß man eine Stärke von 4 bis 5 Centimetern lassen, welches bei einer 16 Centimeter weiten Pumpe einen 24 bis 26 Centimeter starken Stamm erfordert. Man nimmt dazu gerade Fichtenstämme, die weder Aeste noch Fehler haben.

Große hölzerne Pumpen. Niedrige Sätze. Ehedem gebrauchte man viel hölzerne Pumpen selbst zur Wasserhaltung aus großen Teufen, und es giebt noch mehrere alte Bergwerke mit Pumpensätzen dieser Art; deren Kolben 20 — 25 Centimeter Durchmesser haben, und die in tiefen Schächten über einander stehen. Man nennt sie niedrige Sätze, weil sie im Ganzen nicht mehr als 8 oder 10 Meter Höhe haben, und weil ihr Kolben in dem obern Theile spielt und die Saugröhre 6 bis 7 Meter lang ist. Fast überall hat man sie durch metallene Pumpen von einer weit bessern Wirkung und von einem minder kostbaren Unterhalt ersetzt. Wir beschränken uns daher hier auf die Angabe der Art und Weise ihrer Einrichtung. Die alten hölzernen Pumpen, die sogenannten niedrigen Kunstsätze, bestehen aus einem sehr kurzen, 1 bis 1½ Meter langen Cylinder, der aus einem ausgebohrten Holzstamme besteht, und dessen innerer Durchmesser so weit ist, als es die Aufnahme des Kolbens erfordert, oder auch aus starken Dauben, welche durch eiserne Ringe mit einander vereinigt und im Innern mit Sorgfalt abgerichtet sind. An dem untern Theile des Cylinders ist ein anderer Cylinder angebracht, bestehend aus einem ausgebohrten Baumstamme von einem geringern Durchmesser, der 6, 7 oder höchstens 8 Meter lang ist und als Saugröhre dient. Ein Saugventil von ähnlicher Einrichtung, als das weiter oben beschriebene, ruht auf der obern Oeffnung dieser Röhre, wo es durch die Reibung, oder durch das Gewicht des Stücks erhalten wird, die hinreichend sein muß, damit es bei'm Ansaugen, wenn der Kolben in dem Pumpenkörper in die Höhe geht, nicht gehoben werde. Ein hohler Kolben mit Ventil von Holz oder von Metall, und mit Lederliderung, bewegt sich in dem obern Cylinder. Das durch die Pumpe gehobene Wasser wird in einen Trog oder Kasten ausgegossen, in welchem die Saugröhre einer obern Pumpe von derselben Einrichtung steht. Die Kolbenstangen der Pumpen, welche auf diese Weise stufenförmig übereinander stehen, sind an Arme gehängt, welche ihrerseits an einer und derselben senkrechten hölzernen Stange, der Schacht- oder Pumpenstange, befestigt sind. Dieselbe reicht durch die ganze Teufe des Schachtes und erhält von der Triebmaschine

eine auf- und niedergehende Bewegung, welche sie den Kolbenstangen aller Pumpensätze mittheilt. Diese Pumpen wirken fast sämmtlich als Saugpumpen, denn das Wasser wird in einer sehr geringen Höhe über der obern Grenze des Kolbenlaufs ausgegossen; sie haben sehr bedeutende und zahlreiche Nachtheile.

1) Sie sind Stillständen unterworfen, wenn der Kolben, der an dem unteren Ende seines Laufs angelangt ist, das Saugventil nicht berührt.

2) Die Lederliderung der Kolben muß sehr häufig ausgewechselt werden, und demungeachtet läßt es sich gar nicht vermeiden, daß sie bedeutende Wassermengen fallen läßt, welches von der ungleichen und unregelmäßigen Abnutzung des hölzernen Cylinders abhängt, in welchem sich der Kolben bewegt.

3) Wenn ein Satz in einer höheren Teufe sein Wasser verliert, so werden die darüber stehenden Sätze nicht gespeist, und das Wasser fällt in das Schachttiefste zurück, nachdem es von den unteren Sätzen, die sich in einem guten Zustande befinden, unnütz gehoben worden ist.

4) Die große Anzahl der Kolben und der Sätze überhaupt, welche dazu erforderlich sind, um das Wasser aus einer etwas bedeutenden Teufe zu heben, giebt zu fast unaufhörlichen Reparaturen Veranlassung, wodurch ein häufiger Stillstand in der Wasserhaltung hervorgebracht wird. Um nun diesen Aufenthalt möglichst zu verkürzen, muß man sehr viel Wechselstücke vorräthig haben.

5) Wenn die Saugventile Wasser fallen lassen und eine Reparatur bedürfen, so müssen sie aus der obern Oeffnung des Satzes herausgenommen werden, und zu dem Ende ist es erforderlich, zuvörderst den Kolben herauszuziehen.

Mehrere dieser Nachtheile hat man verbessert. So hat man das Kolbenrohr, in welchem sich der Kolben bewegt, aus zwei halbcylindrischen Hölzern angefertigt, die im Innern mit Kupferblech ausgefüttert, oder mit einem kupfernen Muff versehen sind. Die beiden halbcylindrischen Stücke sind auf einander gelegt, indem man mit wasserdichtem Kitt überzogene Leinwand dazwischen gelegt und sie durch eiserne Bänder, die mit Schraubenbolzen versehen sind, auf einander befestigt hat. Das Kolbenrohr hat man mit dem Saugrohre durch einen hölzernen Muff verbunden, welcher aus Dauben besteht, die mittelst eiserner Bänder mit einander verbunden sind, und dessen innerer Durchmesser den äußern Durchmesser des Pumpenkolbens und der Saugröhre etwas übersteigt. Diese beiden Theile treten in die entgegengesetzten Enden des Muffs, woselbst sie durch eine sehr dichte Verkeilung, durch welche kein Wasser dringen kann, befestigt werden. In der Wand des Muffs, in dem sogenannten Stöckel, hat man eine Oeffnung, das sogenannte Thürel, angebracht, die groß genug ist, um durch dieselbe mit der Hand das Saugventil herauszunehmen, wenn sie Reparaturen bedarf. Wenn die Pumpe im Betriebe ist, so wird das Thürel durch einen hölzernen Spund verschlossen gehalten, den man durch einen eisernen Bügel und eine Druckschraube festhält. Durch diese Einrichtung ist man im Stande gewesen, das Ventil auf der obern Oeffnung der Saugröhre unveränderlich zu befe-

stigen, und es heraus zu nehmen, wenn es einer Reparatur bedarf, ohne deßhalb den Kolben herausziehen zu müssen. Man konnte daher auch über der Kolbenröhre eine mehr oder weniger hohe Säule von Röhren anbringen, in deren Innerem sich die Kolbenstange befindet, und in welche das Wasser gehoben wird, sobald der Kolben aufgeht, um es in einer höhern Sohle auszugießen. Die Saugpumpen sind auf diese Weise in Druckpumpen verwandelt worden. Zu gleicher Zeit hat man die Länge der Saugröhre vermindert, wodurch weniger Stillstände vorfielen, und man hat die Anzahl der erforderlichen Pumpen vermindert, um das Wasser zu einer bestimmten Höhe zu heben.

Da die hier angedeuteten Verbesserungen sich bei den metallenen Druckpumpen wieder finden, so beschränken wir uns darauf, diese letztern speciell zu beschreiben, da sie unbestreitbare Vorzüge vor den hölzernen Kunstsätzen haben.

Hölzerne Kunstsätze, die bei'm Abteufen angewendet werden. In einigen besondern Fällen wendet man jedoch auch noch jetzt hölzerne Kunstsätze an, namentlich bei'm Abteufen der Schächte. Da der unterste Kunstsatz stets in dem Maße versetzt werden muß, in welchem das Abteufen vorschreitet, so ist es von Wichtigkeit, daß die Stücke desselben leicht genug seien, um gut gehandhabt werden zu können. Dieser Umstand läßt den hölzernen Sätzen den Vorzug. Die Fig. 9 bis 15, Taf. I., stellen einen Kunstsatz dieser Art vor, den Herr Pernollet in den Bergwerken von Huelguat angewendet und in den Annales des mines beschrieben hat (siehe auch Berg- und hüttenmännische Zeitung, 1845, S. 797 rc.). Die Fig. 9 stellt die Kolbenröhre dar, in welcher sich der Kolben P bewegt, das Saugventil, und denjenigen Theil der Saugröhre, welcher an der Kolbenröhre anliegt. Die Fig. 11, 12 und 13 geben einen senkrechten Durchschnitt und zwei Grundrisse von oben und von unten von dem Kolben P. Die Fig. 14 und 15 stellen das Saugventil und seine Klappe dar; die Fig. 10 das System, welches an demjenigen Theil der Saugpumpe angebracht worden, der an der Kolbenröhre, Fig. 9, befestigt ist, und mit dessen Hülfe man die Saugröhre in dem Maße verlängert, als der Schacht abgeteuft wird.

Die Kolbenröhre, Fig. 9, welche aus zwei hölzernen Halbcylindern besteht, die durch eiserne Ringe mit einander verbunden sind, ist im Innern mit gewalztem Kupferblech ausgefüttert, welches zusammengelöthet ist; rr sind kreisförmige Vertiefungen in dem Holze, die man, ehe das kupferne Futter hineingebracht worden ist, mit Kitt versehen hat, an welchen sich das Kupferblech dicht anlegt. Durch diese Vorsichtsmaßregeln verhindert man das Eindringen der Luft von oben oder durch die Fugen, in denen die beiden hölzernen Halbcylinder zusammengetreten. BB' ist die Saugröhre, die in dem untern Theile der Kolbenröhre eingeführt worden ist; die Verbindung beider Röhren ist durch eine sehr dichte Verkeilung in der Holzstärke der Kolbenröhre bewirkt. pp sind die Durchschnitte zweier Keile. Diese Verbindung ist sowohl für Wasser, als Luft vollkommen undurchdringlich. Die Klappe c des Saugventils liegt auf einem kurzen bronzenen Cylinder k, wel-

cher auf dem Rande der Saugröhre befestigt worden ist. Es bleibt auf diese Weise unten in der Kolbenröhre ein ringförmiger Raum, in welchen Sand und andere feste Körper hineinfallen, die das Wasser mit sich führt, und die auf den dünnen Rändern des metallenen Cylinders nicht liegen bleiben können. Die Klappe c besteht aus einem doppelten Leder von 12 Millimeter ganzer Stärke, und die zwischen zwei Scheiben von Kupferblech, von ungleichem Durchmesser, mittelst eines Bolzens d, welcher durch alle drei Scheiben geht, mit einander verbunden sind. Die obere Kupferscheibe ist mit einem Anhange q versehen, durch welche das Umschlagen der Klappe verhindert wird. Der Cylinder k ist durch die Ohren o auf dem obern Theile der Röhren BB′ mittelst zweier Bolzen CC befestigt. Die in der Seite in dem Holze vorhandenen Löcher, in denen die unteren Schraubenmuttern befindlich, sind mit Kitt ausgefüllt, nachdem die Muttern fortgeschraubt worden sind. Zwischen dem Fuße des Ventilträgers k und dem Holze liegt ein lederner Ring. X ist ein hölzerner Spund, welcher das sogenannte Thürel verschließt, durch welches man zu dem Saugventil gelangen, den dort angehäuften Sand fortschaffen und das Ventil repariren kann. Die Fig. 11, 12 und 14 stellen den sogenannten Härzer Kolben dar, welcher deßhalb so genannt wird, weil man ihn hauptsächlich am Harz, sowie in vielen andern deutschen Bergwerken, besonders früher, anwendete. Es ist ein Kloß von Rothbuchenholz mit 6, nach unten zu erweiterten Löchern, durch welche das Wasser geht, gelidert mit einem ledernen Stulp oder Cylinder, welcher auf den untern Rand festgenagelt worden ist. Sein Ventil bildet eine Lederscheibe, welche in der Mitte des hölzernen Kolbens durch die eiserne Stange befestigt worden ist, welche sowohl durch das Leder, als auch durch das Holz geht.

Die Saugröhre BB′ wird auf die in Fig. 10 dargestellte Weise verlängert. Der Theil E wird unten an die Röhre B′, Fig. 9, angesteckt und durch Letten verdichtet. Der Theil F ist über den Theil E geschoben, und ein Verschmieren mit Letten ww ist hinreichend, um das Ansaugen von Luft zu vermeiden. Man kann auf diese Weise die Saugröhre um 2,50 Meter verlängern, so daß man den Schacht weiter abteufen kann, ohne die Kolbenröhre in eine andere Stellung bringen zu müssen.

Hohe Kunstsätze. Die zur Wasserhaltung aus großen Teufen angewendeten Kunstsätze sind von zweierlei Art, nämlich: Drucksätze mit hohlen Kolben, welche man zuerst angewendet hat, und die noch jetzt im häufigen Gebrauch sind, und Druckpumpen mit massiven Kolben.

Druckpumpen mit hohlen Kolben. Die Theile einer Druckpumpe sind: ein ausgebohrter gußeiserner bronzener Cylinder, die Kolbenröhre; eine Saugröhre unter der Kolbenröhre; eine Steigröhre über der Kolbenröhre; ein Ventilkasten; eine kurze Röhre, welche auf der einen Seite durch eine wegnehmbare Thür geschlossen worden ist, und die zwischen der Kolbenröhre und der Saugröhre angebracht wird; ein Saugventil am obersten Ende der Saugröhre; ein hohler Kolben mit Klappen, der mit einer Stange verbunden ist, welche sich in der Achse der Steigröhre erhebt und über deren Oeffnung hinausgeht.

Die Fig. 16, Taf. I. stellt diese zusammengesetzten Stücke dar: **AB** ist die Kolbenröhre; **FG** die Steigröhre, die aus mehreren gußeisernen Röhren besteht, welche durch Kränze und Schraubenbolzen mit einander verbunden sind (die Figur stellt nur einen Theil von der untern Röhre dar); **P** der Kolben, dessen Stange **T** sich bis über die Oeffnung der Steigröhre verlängert; **C** der Ventilkasten mit seiner Thür **P'**; **S** das Saugventil; **DE** die Saugröhre, welche unten in einen weitern Theil ausläuft, der mit Löchern versehen ist, durch die das Wasser eindringt.

Die Länge der Kolbenröhre ist etwas bedeutender, als die des Kolbenlaufs. Man bemerkt, daß diese Kolbenröhre an ihren beiden Enden etwas erweitert ist, damit der Kolben, wenn es erforderlich ist, ohne alle Schwierigkeit bis zu dem Ventilkasten niedergehen, oder bis in die Steigröhre in die Höhe gebracht werden kann. Bei seinem Hube geht der Kolben über den cylindrischen Theil der Kolbenröhre nicht weg; allein es ist gut, daß er sich diesen Grenzen nähert, weil sich sonst die Theile, gegen welche er nicht treibt, mit Rost oder mit einem Niederschlage aus den Wassern bedecken würden, so daß es alsdann schwer halten würde, den Kolben in den Ventilkasten zu bringen, oder herauszuziehen.

Der horizontale Querschnitt des Ventilkastens ist weit größer, als der des Kolbens, und die Thür **P'** muß groß genug sein, daß man durch dieselbe sowohl den, von seiner Stange befreiten Kolben, als auch das Ventil **S** herausnehmen kann, wenn diese Theile schadhaft sind und ausgewechselt werden müssen.

Das Ventil **S** ruht auf einer kegelförmigen Erweiterung im obern Theile der Saugröhre, oder vielmehr unmittelbar unter dem erweiterten Theile des Ventilkastens, der unten in einen Röhrenhals endigt. Das Ventil ist mit einem Bügel versehen, damit man es, wenn es erforderlich sein sollte, mittelst einer Stange, die unten mit einem Haken versehen ist, durch den obern Theil der Steigröhre herausziehen könne. Es muß schwer genug sein, damit sein eigenes Gewicht es an seinem Platze erhalte, wenn sich der Kolben hebt; oder es muß durch irgend ein Mittel an seinem Sitze befestigt sein.

Der unterste Theil der Kolbenröhre liegt nur 2 Meter über der Verstärkung der Saugröhre, in welcher die Löcher zum Eindringen des Wassers befindlich sind. Die Saugröhre ist daher sehr kurz, und dies muß auch der Fall sein, damit die Pumpe, wenn sie zu wirken beginnt, ohne mit Wasser angefüllt zu sein, nicht Stillständen unterworfen sei, welche wegen der Größe des Raumes zwischen dem Ventil und dem untern Theile des Kolbenlaufs sehr bedeutend sein würden. Der mit Löchern versehene Theil der Saugröhre muß übrigens in dem Sumpfe, aus welchem die Wasser gehoben werden, gänzlich unter deren Spiegel stehen, weil sonst die Pumpe nur Luft ansaugen würde. Der Durchmesser der Saugröhre ist fast gleich dem der Kolben und der Steigröhre.

Der Durchmesser der Steigeröhre muß immer etwas größer, als der der Kolbenröhre, sein, wenn man den Kolben durch den obern Theil dieser Röhre herausziehen will. Selbst dann, wenn der Ventilkasten nicht unter

Wasser gesetzt werden kann, und wenn der Kolben stets durch die Thür P' herausgenommen werden könnte, so würde es dennoch stets von Nutzen sein, die Steigröhre weiter, als die Kolbenröhre, zu machen, um den Widerstand zu vermindern, den das Wasser durch die Reibung im Innern dieser Röhre erleidet. Die Steigröhre besteht aus mehreren gußeisernen cylindrischen Röhren, von denen eine jede 2 bis 3 Meter lang ist, und die durch Kränze und Schraubenbolzen mit einander verbunden sind. Zwischen den Kränzen zweier Röhren ist noch ein luft- und wasserdichter Verschluß angebracht. Dieser Verschluß oder wasserdichter Verband besteht hauptsächlich in schmiedeeisernen Kränzen, welche man mit Hanf oder, besser noch, mit einem groben, wollenen Stoffe umgiebt, welcher 24 Stunden lang in flüssigem Theer eingeweicht war. Der auf diese Weise umgebene Kranz wird auf den innern Rand von dem Kranze der untern Röhre gelegt und zwischen beiden durch Schraubenbolzen zusammengepreßt, welche nach den äußern Rändern dieser Kränze angebracht sind.

Noch dichtere Verbindungen stellt man dadurch her, wenn man statt des Hanfes oder des wollenen Zeuges, welche mit Oel getränkt worden sind, cylindrische Stangen von Blei und selbst von Kupfer anwendet, die kreuzförmig gebogen sind, und welche sich durch das Anziehen der Schrauben breit drücken. Es müssen aber alsdann die Flächen der Kränze, zwischen welche man die Metallstäbe legt, sehr sorgfältig abgedreht werden, während sie bleiben können, wie sie aus der Form kommen, wenn man eine Zeugliderung anwendet. Diese Verdichtung ist daher billiger, und die Erfahrung hat bewiesen, daß sie bei sorgfältiger Anfertigung hinreichend ist.

Der Kolben der Druckpumpen muß so eingerichtet sein, daß er das Wasser, welches er bei seinem Aufgange hebt, halten kann, ohne daß es zwischen seinem Umfange und der Wand der ausgebohrten Kolbenröhre entweichen kann; er muß dem Wasser, welches er bei seinem Niedergange durchschneidet, indem dasselbe die Ventile, mit denen es versehen ist, hebt, den größtmöglichen Durchgang gestatten, um einen unnützen Widerstand für die hervorzubringende Wirkung zu vermeiden. Endlich muß er mit der Kolbenstange leicht und schnell verbunden und von derselben abgenommen werden können, damit die Auswechselung eines abgenutzten Kolbens ohne eine wesentliche Unterbrechung der Wasserhaltung bewirkt werden kann. Die Fig. 17 bis 21 stellen einen Kolben vor, welcher diesen Bedingungen sehr gut entspricht, und der sehr allgemein bei den Drucksätzen der Steinkohlenbergwerke im nördlichen Frankreich angewendet wird.

Der Körper des Kolbens **GFHJ**, Fig. 17, 18 und 19, besteht aus Messing und ist inwendig hohl; äußerlich ist er nach zwei cylindrischen Oberflächen mit verschiedenen Durchmessern abgedreht. Der größte Durchmesser ist der obere Theil; er ist etwas geringer, als der der Kolbenröhre; der untere, höhere Theil hat einen geringern Durchmesser, nimmt die Lederliderung auf und hält das Wasser, indem er sich genau an die Wände der Kolbenröhre legt. Eine diametrale Querstange, in der Mitte mit einer länglich viereckigen Oeffnung **ab** ist an dem obern Theile angebracht. Die Liderung besteht in einem Ringe oder Stulp von starkem Leder, **mm'**, **nn'**,

Fig. 17 und 18, welcher den untern Theil des vorhergehenden Stückes aufnimmt; dieser Stulp ist am untern Theile seiner Höhe um die Hälfte seiner Dicke vermindert und wird um den Kolben durch einen eisernen Ring x x' festgehalten, indem dieser Ring den Platz einnimmt, der durch die Verdünnung des Leders gebildet worden ist. Der obere Rand des ledernen Stulps ist abgeschrägt, wie es die Figuren andeuten. Das doppelte Klappenventil, Fig. 20 und 21, besteht in einer kreisrunden ledernen Scheibe, die in der Mitte mit einer länglich viereckigen Oeffnung a b versehen ist, welche der in der Querstange GF, Fig. 17 und 19, angebrachten entspricht, und deren Durchmesser dem großen äußern Durchmesser des Kolbens fast gleich ist. Vier nach Zirkelsegmenten ausgeschnittene Blechstücke, d d, d'd', Fig. 18, 20 und 21, sind die beiden ersteren auf der obern, und die beiden letzteren auf der untern Fläche der ledernen Scheibe angebracht und mit derselben durch Schraubenbolzen verbunden, welche sowohl durch die beiden Blech-, als auch durch die Lederscheiben gehen. Nachdem die auf diese Weise vorgerichtete Scheibe auf das Stück J F G H gelegt worden ist, steckt man durch die Oeffnung derselben und der Querstange GF das Ende der eisernen Stange A B, Fig. 17 und 18; dies Ende hat die Form eines Kreuzes, wie man aus Fig. 17 ersieht, und die horizontale Stange tritt gegen das Leder und drückt sie gegen die obere Querstange GF des Kolbenkörpers. Eine bewegliche Querstange t t, welche mit einer länglich viereckigen Oeffnung versehen ist, wird über das Ende der Kolbenstange gesteckt und wird durch den Schließkeil c befestigt; sie hält auf diese Weise mittelst ihrer beiden Enden den eisernen Ring z z' und durch einen Ring y, y', oder durch irgend ein anderes Mittel, mit einer andern eisernen Stange verbunden. Um den Kolben von seiner Stange abzunehmen, ist es hinreichend, den Schließkeil c zu lösen, welcher zu gleicher Zeit dazu dient, die Kolbenliderung festzuhalten, und denselben mit einer Stange AB zu verbinden. Die Erfahrung zeigt, daß diese Art der Liderung eine der wirksamsten sei; wirklich kann man auch leicht einsehen, daß bei dem Aufgange des Kolbens das auf denselben drückende Wasser zwischen das Metall und die Liderung tritt und dieselbe gegen die Kolbenröhrenwand drückt, während im Gegentheil bei dem Niedergange des Kolbens die Liderung sich an den Kolben legt und an der Kolbenröhrenwand keinen Druck ausübt, welcher auch ohne Nutzen sein würde, da es alsdann gar nicht nöthig ist, daß der Kolben den Durchgang des Wassers abschließt, und da die dadurch veranlaßte Reibung nachtheilig sein würde.

Das in der Fig. 16 dargestellte Saugventil hat eine ähnliche Einrichtung, wie das am Kolben; es ist, wie derselbe, mit ledernen Klappen versehen, die durch Bleche befestigt worden sind. Der Metallring hat keine Liderung an seinem Umfange, sondern es muß derselbe genau in den zu seiner Aufnahme bestimmten Sitz passen, so daß eine wasserdichte Verbindung hervorgebracht wird.

Die Fig. 22 und 23, Taf. I., stellen den Aufriß nach zwei verschiedenen, rechtwinklig zu einander stehenden Ebenen, von dem Ventilkasten einer Druckpumpe dar, so wie er in den Steinkohlenbergwerken des nördlichen Frankreichs gebräuchlich ist. Die Fig. 24 und 25 sind ein senkrechter

und ein horizontaler Durchschnitt, welche das Innere des Ventilkastens und des darin befindlichen Saugventils darstellen.

Man wird bemerken, daß die Thür des Ventilkastens eine sehr dicke und mit Verstärkungsrippen versehene gußeiserne Platte ist; diese sich durchkreuzenden Rippen sieht man auf Fig. 22. Wirklich ist es nothwendig, daß dieses Stück einen großen Widerstand zu leisten vermag, welcher weit bedeutender, als der ist, um den Druck der Wassersäule in der Steigeröhre auszuhalten, indem es einen abwechselnden Druck von Innen nach Außen, wenn der Kolben aufgeht und saugt, und von Außen nach Innen, wenn der Kolniedergeht, ausgesetzt ist. Diese Veränderungen des Drucks finden fast plötzlich und in den Augenblicken statt, in denen die Bewegung der in der Pumpe enthaltenen Wassersäule aufhört, welches Veranlassung zu wiederholten Stößen giebt, welche die wirksamste Ursache von Zerstörungen bei den Maschinen sind. Die Bolzen, welche die Thür gegen die Ränder festhalten, sind die Enden starker eiserner Bänder, welche den cylindrischen Theil des Ventilkastens umgeben und denselben auch noch verstärken. Da diese Thür sehr schwer ist, so würde es schwer halten, sie mit den Armen hinwegzunehmen; es ist daher ein Ring a daran angebracht, durch welchen man sie mittelst eines Hakens von dem Seil oder der Kette eines kleinen Krahns aufhängt, der zu diesem Zwecke häufig in der Nähe des Ventilkastens angebracht worden ist.

Das Saugventil der Fig. 24 und 25 ist von dem in Fig. 16 dargestellten verschieden. Die Klappen sind metallene Platten V, V′, welche die Form von Kreissegmenten haben, und die sich um zwei Haspen drehen, welche parallel mit einem Durchmesser des metallenen hohlen Ringes oder Kegels sind, der unten in dem Ventilkasten befestigt ist. Dieser Ring, welcher den festen Theil des Ventils bildet, wird durch die senkrechte Stange T in seiner Stellung erhalten, indem dieselbe gegen die Mitte der Querstange A tritt. Die Ohren m, n haben den Zweck, eine zu hohe Hebung und ein Umschlagen der Klappen bei'm Ansaugen zu vermeiden. Die Stange T ist mit einem Schraubengewinde und mit einer beweglichen Schraubenmutter b versehen; diese trägt eine eiserne Querstange t t′, welche gegen die oberen Ränder des Ventilkastens tritt, wenn sie von der Schraubenmutter b bis dahin gebracht worden ist. In der Mitte ist sie mit einer Oeffnung versehen, durch welche das Ende der Stange T frei geht. Will man das Ventil wegnehmen, so braucht man nur die Schraubenmutter b loszuschrauben; die Querstange t t′ fällt herunter, und man kann alsdann das ganze Ventil aus dem Ventilkasten herausnehmen.

Die Fig. 26 stellt eine andere Form des Saugventils vor, ein sogenanntes Kegel- oder Schalenventil. Der feste Theil des Ventils wird auf seinem Sitze durch einen Kitt festgehalten, den man in den leeren ringförmigen Raum a b, a′ b′ bringt, welcher einen schwalbenschwanzförmigen Durchschnitt hat. Die kegelförmige Klappe wird durch eine senkrechte Stange t geleitet, welche durch die in der Querstange B B′ befindliche Oeffnung geht. Ein an dieser Stange befindliches Splith begrenzt den Aufgang der Klappe.

Man giebt gewöhnlich der Steigeröhre einer jeden Druckpumpe eine

Höhe von 40 bis 50 Meter, und zuweilen beträgt dieselbe 80 bis 100 Meter. Die Kolbenstange, welche sich in der Achse der Steigeröhre bis über ihre Oeffnung hinaus erhebt, besteht aus Holz und aus einem oder aus mehreren Stücken recht geradem Fichtenholz, ohne Aeste oder sonstige Fehler, welches beschlagen ist. Die Verbindung der verschiedenen Stücke geschieht entweder durch Verzahnung oder durch einfache Zusammenlegung auf die halbe Stärke, um welche alsdann eiserne Bänder gelegt worden sind; oder es liegen auf beiden Seiten eiserne Stäbe, welche durch hindurchgehende Schraubenbolzen unter einander und mit dem hölzernen Gestänge befestigt sind. Am untern Ende der hölzernen Stange ist das Ende der eisernen Kolbenstange mit ihr verbunden. Die beste Verbindungsweise ist die in Fig. 16, Taf. I., angegebene. Das Ende der äußern Stange ist keilförmig verdünnt und zur Aufnahme von Löchern für die Schraubenbolzen versehen. Das Eisen wird in eine Spalte am Ende des hölzernen Gestänges eingeführt, auf dessen beide Flächen man flache Eisenstäbe legt, deren Löcher den in der Kolbenstange enthaltenen entsprechen. Das Ganze wird durch eine Reihe von Schraubenbolzen verbunden, welche durch das Holz, die eisernen Stäbe auf den Seiten und die eiserne Kolbenstange gehen. Das obere Ende der hölzernen Stange ist mit einem ähnlichen Eisenbeschlage versehen, welcher auf dieselbe Weise befestigt worden ist und in einen Ring ausläuft, mittelst dessen sie an einen eisernen Arm gehängt wird, der an dem Schachtgestänge sitzt, welcher den Stangen aller Kunstsätze die auf- und abgehende geradlinige Bewegung ertheilt.

Der Querschnitt der hölzernen Stange einer Druckpumpe hängt zuvörderst von dem Durchmesser der Kolbenröhre und von der Höhe der Wassersäule ab. Wirklich muß diese Stange einen hinreichenden Widerstand gewähren, um das Gewicht der Wassersäule zu tragen, welches bei dem Kolbenaufgange gehoben wird. Man giebt ihr aber gewöhnlich eine weit bedeutendere Särke, als die, welche dazu erforderlich ist, der obigen Bedingung zu genügen. Wenn sich der Kolben hebt, so ist die nöthige Kraft, um ihm eine gleichförmige Geschwindigkeit zu ertheilen, gleich dem Gewichte des Kolbens mit seiner Stange, und dem Gewichte einer Wassersäule, welche den Querschnitt des Kolbens zur Basis hat, wovon jedoch der Querschnitt der Kolbenstange abgeht, und wozu endlich noch die Einwirkung der passiven Gegenstände gerechnet werden muß. Den Einfluß der kurzen eisernen Stange, welche den Kolben mit der hölzernen verbindet, lassen wir unberücksichtigt. Wenn der Kolben niedergeht, so ist die erforderliche Triebkraft zur Erhaltung der gleichförmigen Bewegung gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche zur Basis den Querschnitt der Stange hat, ferner die Einwirkung der passiven Widerstände, abzüglich des Gewichts von dem Kolben und seiner Stange. Diese letztere Kraft kann, nach den Dimensionen und dem specifischen Gewichte der Stange und des Kolbens, positiv, negativ oder Null sein. Es scheint demnach, daß man die Dimensionen der Stange so reguliren könne, um der Triebkraft oder dem entwickelten Widerstande bei dem Niedergange des Kolbens einen Werth zu ertheilen, welcher mit der Beschaffenheit des zur Wasserhaltung angewendeten Motoren, sowie mit der

Verbindung der übrigen durch dieselbe Triebkraft in Bewegung gesetzten Pumpen, im Verhältnisse steht. Man muß jedoch noch andern Bedingungen genügen, deren Beschaffenheit eine solche ist, daß das Gewicht der hölzernen Stange und des Kolbens stets sehr wenig von dem Gewichte eines ähnlichen Volums Wasser verschieden ist. Eben so ist es unerläßlich, zwischen der Stange und der Steigeröhre einen ringförmigen Raum zu lassen, der breit genug ist, um es zu vermeiden, daß die Stange gegen die Röhre reibe, und daß das Wasser bei dem Niedergange des Kolbens eine zu große aufsteigende Geschwindigkeit annehme, welche zu einer bedeutenden Reibung Veranlassung geben würde. Die unerläßlichen eisernen Beschläge an den beiden Enden und an den Verbindungspunkten der Stange gleichen zum Theil den Ueberfluß der Dichtigkeit des Wassers gegen die des Holzes wieder aus. Wenn übrigens die lange hölzerne Kolbenstange, die ihrer ganzen Länge nach keine Leitung hat, bei ihrem Niedergange einen etwas bedeutenden Widerstand erlitte, so würde sie sich biegen und sich an den Wänden der Steigröhre reiben. Folglich ist es fast immer der Fall, daß das Gewicht des Kolbens und seiner Stange fast gleich dem des Wasservolums ist, welches sie entfernen; die von dem Niedergange des Kolbens und seiner Stange hervorgebrachte Triebkraft wird demnach durch den Widerstand aufgehoben, der von der Hebung des während des Niederganges verdrängten Wassers herrührt, und der ganze Widerstand, der von der Hebung des Wassers herrührt, wird demnach fast gänzlich auf den Aufgang des Kolbens zurückgeführt.

Pumpen mit massivem Kolben. Die Pumpen mit massivem Kolben sind zweierlei Art, nämlich die Pumpen mit Taucherkolben (plungers), und die Pumpen mit massivem Kolben, der den ganzen Querschnitt des Kolbenrohrs ausfüllt.

Pumpen mit Taucherkolben. Die Pumpe mit Taucherkolben (Plunger pump), auch wohl Mönchspumpe genannt, die am häufigsten angewendet wird, ist in Fig. 1, Taf. II., dargestellt. Sie besteht aus einem Cylinder oder einer Kolbenröhre **A B** aus Gußeisen oder aus Rothguß, in welchen eine massive Walze **P** eindringt, die einen geringern Durchmesser, als die Kolbenröhre, hat. Der Kolben **P**, welcher von der Stange **T** eine abwechselnd geradlinige Bewegung erhält, geht durch eine Stopfbüchse **b b**, welche an dem obern Theile der Kolbenröhre angebracht worden ist. Diese Stopfbüchse besteht, wie es die Figur angiebt, aus zwei gußeisernen Stücken, von denen das eine, welches auf dem Kranz von der Kolbenröhre steht, mit welcher es durch Bolzen befestigt ist, einen nach Innen vortretenden Rand hat, welcher sich dem Kolben sehr nähert, ohne ihn jedoch zu berühren. Auf diesen Rand legt man eine Stopfung von geflochtenem Hanf, welcher mit Oel oder Talg getränkt ist, und der durch den Deckel der Stopfbüchse mittelst der Schraubenbolzen und Muttern, welche durch die Kränze der Büchse und ihres Deckels gehen, gegen den Kolben gedrückt wird. Während der Bewegung des Kolbens wird diese Stopfung durch das Oel befeuchtet, welches man in die Rinne rings um den Kolben gießt, und welches zwischen demselben und dem Deckel hindurchgeht; man erhält zu dem Ende diese Rinne stets mit dem

Oel oder mit der Substanz, die man sonst zu der Befeuchtung anwendet, gefüllt.

Der Kolben reibt nur gegen die Stopfung, berührt aber die Wände der Kolbenröhre nicht, indem er deren Durchschnitt nicht gänzlich ausfüllt.

Unter der Kolbenröhre ist ein gußeisernes Stück CH angebracht, welches aus einem Stücke gegossen worden ist, und welches die Engländer wegen seiner Gestalt das H-Stück nennen. Dieser Theil des Kunstsatzes verbindet die Kolbenröhre mit der Saugröhre E, und mit der Steigröhre T', deren Achsen auf einer geraden Linie liegen, welche mit der Achse der Kolbenröhre parallel ist.

In dem H-Stück ist ein Ventilkasten C angebracht, der durch eine bewegliche Thür p' verschlossen werden kann. An dem untern Theile dieses Ventilkastens befindet sich das Saugventil S und unmittelbar darunter die Saugröhre E. Ueber dem Ventilkasten C befindet sich ein anderer Ventilkasten C', welcher durch die Thür p' verschlossen worden ist, und der das Steig- oder Druckventil U enthält, das dieselbe Einrichtung, wie das Saugventil S, hat; über dem Ventilkasten C' erhebt sich die Steigröhre.

Wenn der Kolben P aus der Kolbenröhre herausgezogen ist, so wird der leere Raum, den er in dem Innern dieses Theils zurückläßt, durch das Wasser angefüllt, welches durch das Ventil S angesaugt worden ist. Wenn der Kolben in die Kolbenröhre tritt, so wird dieses Wasser in die Steigröhre T' gedrückt. Die Pumpe hat gewöhnlich eine solche Einrichtung, daß der Taucher P bei dem Niedergange in die Kolbenröhre in dieselbe eintritt, so daß der Widerstand gegen die Bewegung dieses Kolbens, wenn er in die Röhre tritt, gleich dem Gewicht einer Wassersäule ist, welche zur Basis den Querschnitt des Kolbens und zur Höhe die senkrechte Höhe der Steigröhre nebst dem von der Reibung herrührenden Widerstand haben würde.

Zuweilen ist jedoch das System das umgekehrte. Der Taucher oder Mönch P dringt in die Kolbenröhre oder in die Nonne durch ihr unteres Ende ein. Die abwechselnde geradlinige Bewegung wird ihm alsdann mittelst eines Bügels ertheilt, welcher die Kolbenröhre umfaßt. Die Stopfbüchse ist alsdann an dem untern Theile und das H-Stück an dem obern Theile der Kolbenröhre angebracht. In dieser Stellung saugt der Kolben das Wasser bei'm Niedergange an und hebt die Wassersäule durch Eintreten in die Kolbenröhre bei seinem Aufgange. In den metallischen Bergwerken in Cornwallis besteht der Mönch P aus einem hohlen Cylinder oder Muff von Bronze, der im Innern mit einem Stück Holz angefüllt, welches fest in denselben eingekeilt ist; über dem metallenen Muff, der nicht viel länger ist, als der Kolbenlauf und als die Höhe der Stopfbüchse, verlängert sich diese hölzerne Stange. Der metallene Muff ist genau abgedreht; die Verlängerung der hölzernen Stange in demselben ist viereckig behauen, damit sie auf die weiter unten beschriebene Weise mit dem Schachtgestänge, welches die Kolben aller Sätze, die in dem Schacht über einander angebracht sind, bewegt, verbunden ist. Die Stücke der Stopfbüchse sind abgedreht und ausgebohrt. Bei der Kolbenröhre ist das Ausbohren unnütz; sie besteht stets aus Gußeisen, und oft ist sie im Innern selbst mit Dauben aus-

gefüttert, sowie dies auch bei allen Röhren der Pumpen der Fall ist, um dieselben gegen die Berührung der ätzenden Gewässer zu bewahren, welche aus der Grube gehoben worden sind.

Die Ventile zeigen nichts Eigenthümliches; sie können auf ihren Sitzen durch ein Stück befestigt werden, welches dem in Fig. 16 Taf. I., ähnlich ist, oder durch jedes andere Mittel.

Vortheile der Pumpen mit massivem Kolben gegen die mit hohlem. Die Druckpumpen mit massivem Kolben sind denen mit hohlem Kolben weit vorzuziehen; der Kolben ist fester, und er wird auch fortwährend durch den fetten Körper angefeuchtet, welches ihn gegen das Zerfressen durch die ätzende Einwirkung der Grubenwässer schützt, und er hat daher nie Reparaturen nöthig, während dagegen die hohlen Kolben häufig ausgewechselt werden müssen. Die Kolbenröhre braucht nicht ausgebohrt zu werden, welches von großer Wichtigkeit ist, wenn die Grubenwässer fressend sind. Läßt die Stopfbüchse Wasser fallen, so ist dies leicht wahrzunehmen und zu verbessern; es ist alsdann hinreichend, die Schraubenbolzen der Stopfbüchse anzuziehen oder, wenn es erforderlich ist, die abgenutzte Stopfung durch eine neue zu ersetzen, welches jedoch nur selten erforderlich ist. Die Reibung des Wassers in den Steigröhren ist geringer, als wie bei den gewöhnlich eingerichteten hohen Sätzen, weil die Röhre nicht durch die Kolbenstange verengt wird.

Der ganze Widerstand, der von der Hebung des Wassers herrührt, wird auf den Kolben bei seinem niedergehenden Lauf ausgeübt. Wir werden später sehen, daß dieser Umstand eher günstig, als ungünstig, für die Leistung der einfach wirkenden Dampfmaschinen ist, welche gewöhnlich zur Wasserhaltung angewendet werden. Uebrigens kann man, wenn man das System umkehrt, wie wir schon bemerkt haben, die Wassersäule bei dem aufgehenden Laufe des Kolbens heben; man hat in diesem Falle nur den Nachtheil einer unbequemen Stellung der Stopfbüchse, indem dieselbe eine umgekehrte ist.

Die Luft häuft sich nicht in dem obern Theile der Kolbenröhre an. Man hat den Einwurf gemacht, daß bei den Pumpen mit Taucherkolben, welche dieselbe Einrichtung, wie die beschriebene, haben, die von dem angesaugten Wasser entwickelte, oder von der Pumpe angezogene Luft, wenn die Oeffnungen der Saugröhre zufällig vom Wasser entblößt sind, sich in dem obern Theile der Kolbenröhre, unter der Stopfbüchse, anhäufe, sich darin zusammendrücke und ganz oder zum Theil das Spiel der Pumpe aufhalte, welche alsdann ein weit geringeres Wasservolum liefere, als das eigentlich von dem Kolbenlaufe ausgedrückte sein müsse. Die Erfahrung beweis't, daß dieser Einwurf nicht gegründet ist, oder daß wenigstens die Wirkungen der aus dem Wasser entwickelten, oder durch die Pumpe angesaugten Luft durchaus nicht die Wichtigkeit habe, die ihr zugeschrieben worden ist. Dies rührt ohne Zweifel daher, daß die Luft, welche sich bei dem Ansaugen aus dem Wasser entwickeln kann, sich wieder auflös't, oder von dem Wasser mit weggeführt wird, wenn dasselbe in das Steigrohr gedrückt wird; oder es rührt daher, daß diese Luft, welche sich in dem obern Theile der Kolbenröhre unter der Stopfbüchse ansammeln würde, zwischen der Stopfung

und dem Kolben unter dem starken Drucke entweicht, der bei dem Ausdrücken des Wassers ausgeübt wird und daß es sich auf diese Weise gar nicht anhäufen kann. Man weiß wirklich, daß es weit leichter ist, Wasser, als zusammengepreßte Gase eingeschlossen zu erhalten. Es sei dem nun, wie ihm wolle, so ist es gewiß, daß die Leistungen der Mönchspumpen, die fast ausschließlich in den tiefen Gruben Cornwall's in Gebrauch sind, nicht wesentlich durch die hier auseinandergesetzte Ursache vermindert worden sind.

Die directe Messung des durch das Kunstgezeug auf der Grube Huel Towan gehobenen Wassers, welche von den bekannten englischen Ingenieuren Rennie und Henwood in zweimaliger Wiederholung ausgeführt worden ist, hat ein Wasservolum geliefert, welches gleich 0,924 von dem Volum war, welches der Kolbenlauf ausdrücken muß. Diese zweimal wiederholten Versuche haben stets dasselbe Resultat gegeben. Der Verlust betrug demnach weniger, als 8 Procent, und es ist wenig wahrscheinlich, daß die oben angegebene Ursache einen so merklichen Einfluß darauf gehabt hätte.

Aehnliche Versuche sind in anderen Bergwerken und von andern Beobachtern angestellt worden, und haben Verluste angegeben, welche nicht größer sind, als die der bestunterhaltenen, anders eingerichteten Pumpen. Der Einwurf ist daher wenig begründet, und wir sind der Meinung, daß man gar nichts gewinnen würde, wenn man die Kolbenröhre mit der Steigröhre durch den obern Theil in Verbindung setzt, um die Luftansammlungen zu vermeiden, so wie es Einige vorgeschlagen haben. Es würde zu dem Ende hinreichend sein, das H-Stück an dem obern Theile der Kolbenröhre, unmittelbar unter der Stopfbüchse, ausmünden zu lassen. Man müßte zu gleicher Zeit den Durchmesser der Kolbenröhre vergrößern, damit bei dem Eintritte des Tauchers das ausgedrückte Wasser nicht mit einer schädlichen Geschwindigkeit, welche zu Reibung Veranlassung geben würde, in dem ringförmigen Raume, zwischen dem Umfange des Kolbens und der Wand der Kolbenröhre, circuliren könne. Diese Vergrößerung des Durchmessers könnte, wegen des in den Schachten häufig vorkommenden Mangels an Raum, hin und wieder störend werden.

Pumpen mit massiven Kolben, welche sich in ausgebohrten Cylindern bewegen. Man hat Druckpumpen mit massiven Kolben nach einem von den Taucherkolben verschiedenen Princip construirt; dahin gehören die, welche Herr Junker zur Wasserhaltung für die Gruben zu Huelgoat eingerichtet hat, und welche durch eine Wassersäulenmaschine in Bewegung gesetzt werden.

C, Fig. 2, Taf. II., ist die Kolbenröhre, welche sehr sorgfältig ausgebohrt, an ihrem obern Ende verschlossen und an ihrem untern Ende offen ist, und in welcher sich der Kolben P bewegt.

Die Kolbenstange X geht durch eine Stopfbüchse auf dem Deckel der Kolbenröhre; die Stopfung besteht aus in mehreren Platten über einander liegenden Lederringen, zwischen denen sich zwei rinnenförmige Lederstücke befinden, die eine entgegengesetzte Richtung zu einander haben, wie es die Fig. 3 nachweis't, welche die Stopfbüchse nach einem weit größern Maßstabe darstellt. Eine jede von den ausgetieften Scheiben liegt zwischen zwei kupfernen Rin-

gen, deren eine Fläche eben und die andere gekrümmt ist. Die Convexität des einen Ringes tritt in die Concavität des Lederstücks, welches seinerseits in der Vertiefung des zweiten kupfernen Ringes liegt, welcher rinnenförmig ist. Auf diese Weise wird die Form der umgebogenen Lederstücke erhalten; sie sind es besonders, welche gegen die Kolbenstange treten, den Austritt des Wassers, wenn es durch den Kolben ausgedrückt wird, sowie das Eindringen der atmosphärischen Luft beim Saugen verhindern. Das zu dieser Stopfung angewendete Leder erhält seine zweckmäßigen Gestalten zwischen Formen, in denen es einem starken Drucke unterworfen wird, nachdem es vorher durch Wasser weich gemacht worden ist. Man tränkt das Leder darauf stark mit Oel, ehe man es in seine Lage bringt, und erhält es während des Betriebs fortwährend mit Schmiere geschmeidig, welches entweder dadurch bewirkt wird, daß man Oel in die rinnenförmige Vertiefung des Deckels von der Stopfbüchse gießt, oder indem man die Kolbenstange mit irgend einem Fett bestreicht. Zu Huelgoat wendet man ein inniges Gemisch von 6 Theilen Schweineschmalz, 5 Theilen Talg und 1 Theil Baumöl oder Klauenfett an, welche zusammen über einem mäßigen Feuer zerlassen werden. Dieses Gemisch hat eine honigartige Consistenz.

Lederne Stopfungen, welche mit der angegebenen Sorgfalt und Vorsicht angefertigt werden, sind weit wasserdichter, als hanfene, und verdienen stets dann vorgezogen zu werden, sobald der Wasserdruck bedeutend ist.

Der oberste Theil der Kolbenröhre ist etwas weiter und steht durch die kurze Röhre TT′ mit dem Ventilkasten LL′ in Verbindung. Derselbe besteht aus zwei Stücken und enthält die beiden Ventile, nämlich das Saug- und das Steigventil S, S. Der Ventilkasten ist unten mit der Saugröhre A, A[1], A[2], und oben mit dem Steigrohr ⌒ verbunden.

Man sieht, daß bei dem Niedergange des Kolbens das Wasser durch die Saugeröhre und durch das Saugeventil S in den Raum einströmt, welchen der Kolben verlassen hat. Dieses Wasser wird durch den Kolben gehoben, wenn derselbe in die Höhe geht, indem es sich durch das Steig- oder Druckventil S′ in die Steigröhre begiebt.

Da die Kolbenröhre unten ganz offen ist, so werden Wasserverluste zwischen dem Kolben und der Cylinderwand sogleich wahrgenommen; auch unterhält man den Kolben und die Cylinderwände stets in einem fettigen Zustande, indem man die letztern mit einem fettigen Ballen von Zeug einreibt, welches von unterwärts geschieht, sobald der Kolben in die Höhe geht.

Diese Pumpe hebt das Wasser durch einen einzigen Satz auf eine senkrechte Höhe von 155 Metern, und soll sie später bis zu einer Höhe von 230 Metern heben, welches die ganze Teufe der bereits ausgeführten und noch in Ausführung begriffenen Baue ist. Herr Junker hat wegen der ungewöhnlichen Höhe der zu hebenden Säule eine große Sorgfalt auf die Ausführung dieses Pumpensatzes verwendet, eine Sorgfalt, wie sie bei gewöhnlichen Sätzen, die das Wasser nur auf eine seigere Höhe von 60 bis 80 Metern heben, vielleicht überflüssig sein würde. Dennoch scheinen uns einige von diesen Einrichtungen einer allgemeinen Nachahmung werth; alle verdienen

die Aufmerksamkeit des Bergmannes oder des Maschinenbauers, weßhalb wir sie hier beschreiben wollen.

Der Kolben P und seine Stange X bestehen aus Bronze, sind aus einem Stücke gegossen, abgedreht und polirt. Auf den Umfang des Kolbens und auf seine obere Fläche ist eine umgebogene Lederscheibe gelegt, deren umgeschlagener Rand sich gegen die Kolbenröhre legt und 0,027 Meter hoch ist. Diese Liderung ist auf dem Umfang des Kolbens mittelst des ebenen Randes befestigt, auf welchen ein platter kupferner Ring drückt, der eine gleiche Höhe mit dem umgebogenen Rande hat und auf den Kolbenkörper durch einander nahestehende Schraubenbolzen befestigt ist, welche sowohl durch den Metallring, als auch durch das Leder gehen und in die Dicke des Kolbens eindringen.

Man hatte zuvörderst unter dem Kolben eine ähnliche Liderung von nach unten umgebogenem Leder gebracht, um das Eindringen der atmosphärischen Luft beim Ansaugen zu verhindern. Allein da diese Liderung durch die Einwirkung der ätzenden Wässer sehr bald zerstört wurde, indem sie dem Leder die Biegsamkeit benahm, so ersetzte man sie durch eine unter den Kolben geschraubte Platte, auf welcher eine nach unten gebogene Lederscheibe angebracht war, und deren Rand durch Leisten und Springfedern gegen die Kolbenröhre gedrückt wird. Die Fig. 4 und 5, Taf. II., stellen diesen Theil des Kolbens dar. Man unterscheidet die sectorförmig zerschnittenen Leisten, welche auf den Rand der Platte gelegt und durch senkrechte Nägel geleitet werden, indem dieselben in Einschnitten in der Mitte einer jeden Leiste befindlich sind und eine radicale Richtung haben; ferner die Springfedern, die horizontal und ebenfalls in radicaler Richtung auf Bolzen stecken, die im Körper des Kolbens angebracht worden sind; endlich die umgebogene Lederscheibe.

Die Ventile S und S′, Fig. 2, bestehen ganz aus Metall, haben keine Lederliderung und ruhen auf conischen Rändern, die mit Sorgfalt abgeschliffen worden sind, und haben die Oeffnungen in den Ventilsitzen, die ebenfalls aus Metall bestehen. Ventile und Ventilsitze bestehen aus Bronze, deren Legirung folgende ist:

85 bis 88 Theile Kupfer,
4 „ 6 „ Zinn,
4 „ 6 „ Blei und Zink.

Eigentlich sollte sie aus 89 Theilen Kupfer und aus 11 Theilen Zinn bestehen, wobei jedoch 2 Procent Zink oder Blei gestattet werden. Diese Ventile sind vollkommen wasserdicht und schließen sich genauer und rascher, als die mit einem Ledercharnier. Hr. Junker hat nachgewiesen, daß das von der Pumpe gehobene Wasservolum nur um $\frac{1}{30}$ hinter der berechneten Ausgußmenge zurückbliebe. Der obere Ventilsitz liegt zwischen den beiden Kränzen eines Halses, wie man aus der Figur ersehen kann. Der untere Ventilsitz liegt auf dem Rande am Boden des Ventilkastens und ist darin verkittet; er wird durch 3 Seile zurückgehalten, die in Einschnitten an dem Umfange zurückgehalten sind.

Die durch Thüren verschlossenen Oeffnungen r und r′ gestatten eine Untersuchung der Ventile, so wie auch eine Reinigung derselben, da jede Unreinigkeit ihr Spiel stören muß. Um die Ventile auszuwechseln, muß man

den obern Theil des Ventilkastens wegnehmen, welches durch die bewegliche Verbindung V V′ geschieht, welche an der Basis der Steigröhre befindlich ist.

Einrichtungen zur Erleichterung der Controle über den Zustand der Ventile. Der obere Theil des Ventilkastens tritt in ein viel weiteres Stück am untern Ende der Steigröhre. Um einen luft- und wasserdichten Verschluß zu erlangen, wendet man eine Lederliderung an, welche der des Kolbens ähnlich ist; das umgebogene Lederstück, welches auf den obern Umfang von dem Stücke L′ gelegt worden ist, wird daselbst durch einen flachen kupfernen Ring erhalten, der durch Schrauben von demselben Metall angezogen wird, dessen ebenfalls kupferne Muttern in die Stärke des Gußeisens eingelassen sind. Die Saugröhre ist unten bei A erweitert und durch eine doppelte Klappe mit Charnier verschlossen, welche das in der Saugröhre enthaltene Wasser hält, wenn dies nicht durch den atmosphärischen Druck geschehen kann. Eine seitwärts angebrachte Röhre u^1, u^2, u^3, welche mit Hähnen versehen ist, dient dazu, um eine Verbindung zwischen der Saugröhre und der Kolbenröhre, so wie zwischen der Saug- und Steigröhre herzustellen.

Diese Einrichtung hat den Zweck, den untern Theil der Pumpe mit Wasser zu füllen, wenn dieselbe eine Zeit lang außer Betrieb gewesen ist, und ehe man sie wieder in Betrieb setzt, um Stillstände und hauptsächlich um Erschütterungen zu vermeiden, zu denen im Anfange der Bewegung die Luft Veranlassung giebt, welche man durch das Spiel der Pumpe herausschaffen müßte, und welche in dem Ventilkasten, zwischen den beiden Ventilen, zusammengedrückt werden würde. Will man demnach den Kunstsatz wieder in Betrieb setzen, so stellt man eine Verbindung zwischen dem Raume über dem Ventil S und der Saugröhre her; diese wird eben so, wie die Kolbenröhre, mit Wasser angefüllt, welches aus der Steigröhre einströmt. Die in der Saugröhre befindliche Luft geht durch das Ventil S und strömt durch die kleine Oeffnung w aus, welche in der Dicke der Ventilkastenthür r angebracht ist, und die sogleich verschlossen wird, wenn das aus derselben ausströmende Wasser anzeigt, daß die Pumpe und die Saugröhre gänzlich damit angefüllt sind.

W ist ein kleines, seitwärts an der Saugröhre angebrachtes und mit einem Gewichte belastetes Ventil, welches etwa dem Druck einer Atmosphäre das Gleichgewicht hält (1 Kilogr. auf das Quadratcentimeter der Oeffnungsoberfläche). Dieses Ventil zeigt in jedem Augenblicke, ob das Saugventil S in gutem Zustande ist; denn wenn es nicht gut schließt, so würde der Druck des während des Kolbenaufganges ausgedrückten Wassers auf die Wassersäule in der Saugröhre wirken und das Ventil W mit Kraft heben, wenn das Klappenventil am Fuße der Saugröhre gehörig schließt.

Mittelst desselben Ventils W kann man sich auch überzeugen, ob das Steigventil S′ gut schließt. Man muß zu dem Ende die Pumpe anhalten und das Innere des Ventilkastens zwischen den beiden Ventilen durch die Röhre u^2, u^3 und den Hähnen, womit sie versehen ist, in Verbindung mit der Saugröhre setzen. Schließt nun das Ventil S′ schlecht, so wird das Wasser in der Steigröhre auf die Säule in der Saugröhre drücken und das Ventil W heben, vorausgesetzt, daß die untere Klappe Z″ schließt, wovon man sich leicht überzeugen kann.

Diese Mittel zur Controle sind vortrefflich und vermeiden weit längere Verfahrungsarten, welche man anwenden müßte, um die Beschaffenheit eines jeden Ventils zu untersuchen, wobei die Thüren r und r′ stets weggenommen werden müßten.

Verbindungen mit metallenen Muffen. Um einen luftdichten Verschluß der Fugen an der Steigröhre zu erlangen, hat Herr Junker das folgende Mittel angewendet. An der Verbindung zweier Röhren hat er einen Muff von Kupfer angebracht, Fig. 6, 7 und 8, welcher in der Mitte seiner Höhe mit einem dünnen Rande versehen ist, welcher ungefähr 2 Centimeter nach Außen vorspringt, und den man durch Stauchen des Metalles unter dem Hammer erhält. Dieser Muff ist mit einer dünnen Schicht von geöltem Werg umgeben, und in die einspringenden Winkel, welche der äußere Rand bildet, bringt man Wälgern von einem fetten Kitt, der aus pulverisirtem Kalk, aus mit Bleiglätte gekochtem Firniß und aus Hanf besteht, der zu Stückchen von 3 bis 4 Centimetern zerhackt worden ist. Diese Substanzen werden durch ein wiederholtes Schlagen genau mit einander vermengt, und der dadurch entstehende Kitt muß so fest sein, daß er nur mit Mühe zwischen den Fingern zusammengedrückt werden kann. Soll der Kitt noch rascher erhärten, so setzt man etwas Mennige hinzu. Die an den Rändern des Muffs angedrückten Kittwälgern werden noch mit einer zweiten Schicht von geöltem Werg umgeben. Der auf diese Weise geliderte Muff wird in die beiden Enden der zu vereinigenden Röhren gesteckt, so daß der nach Außen vorspringende Rand auf dem Umfange des flachen Kranzes von der untern Röhre ruht. Die Kränze werden darauf durch 8 Schraubenbolzen, Fig. 6, sehr dicht angezogen, bis daß jedes weitere Zusammenschrauben unmöglich wird. Die Kränze der Röhren muß man vorher gehörig reinigen, sie mit pulverisirtem Kalkpulver abtrocknen und mit Oel bestreichen, damit der Kitt daran hängen bleibe. Diese Verbindungen sind leicht herzustellen und widerstehen dem bedeutenden Drucke, selbst wenn der Kitt ganz frisch ist; sie werden mit der Zeit immer dichter. Wegen der kupfernen Muffe sind sie jedoch theuer. Die Dichtigkeit der Verbindung hängt sehr wahrscheinlich hauptsächlich von der Beschaffenheit des angewendeten Kittes ab, der jedoch in vielen Bergwerken noch nicht bekannt zu sein scheint. Gewiß würde man auch die Fugen sehr gut dadurch verdichten können, wenn man zwischen die beiden Kränze, nachdem sie vorher gereinigt, mit Aetzkalk abgetrocknet und geölt sind, weiche Hanfgeflechte legt, die mit trocknendem Firniß getränkt sind, und über und unter welche man eine Schicht von dem Kitt legt, den wir so eben beschrieben haben.

Taucherpumpen zu Huelgoat. Die Fig. 9 stellt eine Druckpumpe mit Taucherkolben vor, welche von Herrn Junker in der Grube zu Huelgoat errichtet worden ist. Die Steigröhre dieses Satzes besteht aus Holz. Der Taucher ist ein hohler metallener Cylinder, welcher an beiden Enden mit Deckeln verschlossen ist, die mit einer eisernen Stange verbunden sind, die durch die Achse des Kolbens geht und unter dem Boden mit einer Schraubenmutter versehen ist; im Innern des Tauchers sind metallene Scheiben über die Kolbenstange geschoben, welche einen Theil desselben aus-

füllen, um sein Gewicht zu vermehren. Die Einrichtung des Ventilkastens ist dieselbe, wie die des vorhin beschriebenen Hubsatzes; allein sie ist mit dem untern Theile der Kolbenröhre in Verbindung gesetzt, wie dies bei den englischen Taucherpumpen der Fall ist. Das Eigenthümliche an den vorliegenden Kunstsätzen besteht darin, daß die Taucherkolben der verschiedenen Sätze in der ganzen Teufe des Schachtes unter einander angebracht sind, und daß ihre Achse in der Verlängerung derjenigen der Schachtstange liege, welche sie vereinigt und allen die abwechselnde geradlinige Bewegung mittheilt; besonders eigenthümlich ist aber auch die Einrichtung des Saug- und des Druckventils. Damit die Achsen der Kolben in der Verlängerung der Achse von dem Schachtgestänge liegen können, mußte man dasselbe bei jedem Kolbenrohr unterbrechen, und die weggelassenen Theile des Gestänges durch eiserne Bügel ersetzen, welche die Kolbenröhre umfassen, wie die Fig. 10 und 11 zeigen.

Kolbenventile zu Huelgoat. Was nun die Ventile betrifft, welche Herr Junker Kolbenventile nennt, so bestehen sie aus einem metallenen Ventilsitz, der am Boden des Ventilkastens oder zwischen zwei Kränzen angebracht ist; er hat eine cylindrische Oeffnung, die im Innern ausgebohrt und ausgeschmirgelt und nach oben etwas erweitert ist. Ein unten an dem Ventilsitz angegossener Bügel dient zur Leitung des Ventils. Dieses besteht aus einer flachen Metallscheibe, mit einer daran gegossenen Stange, welche sich nach oben und nach unten verlängert. Das Ventil ist so auf der Drehbank abgedreht, daß es die Oeffnung des Ventilsitzes fast genau ausfüllt; auch die Leitstange ist abgedreht. In der Nähe des Körpers von dem Ventil läßt man sie stärker, wie Fig. 12 zeigt. Dadurch wird der Lauf des Ventils in den beiden Richtungen beschränkt, weil die beiden äußersten Theile der Stange allein nur in die Oeffnungen der Bügel, welche auf den beiden Flächen des Ventilsitzes befestigt sind, eintreten können. Dieses Ventil ist mit einem Stulp von umgebogenem und abgeschrägtem Leder versehen, der auf seinem Umfange angebracht worden ist und durch flache Metallringe, sowie durch Schraubenbolzen festgehalten wird. Diese Lederliderung macht einen luft- und wasserdichten Verschluß, indem sie sich durch den Druck des obern Wassers an die innere Wand der cylindrischen Oeffnung des Ventilsitzes legt. Zu dem Ende muß der metallene Theil des Ventils vollständig in die vorhergehende Oeffnung eintreten, und das Ventil muß, wenn es die Oeffnung verschließt, durch den stärkern Theil seiner Stange, auf dem Rande der Oeffnung in dem untern Leiter aufstehen. In Fig. 9 ist das Ventil S′ geschlossen, das Ventil S dagegen geöffnet. Die Fig. 12, 13 und 14 sind ein senkrechter Durchschnitt, ein Aufriß und ein Grundriß des Ventils, nach einem größern Maßstabe.

Diese Kolbenventile sind nach der Angabe des Herrn Junker allen anderen vorzuziehen, welche er durch seine lange Praxis kennen gelernt hat. Sind sie sorgfältig angefertigt, so halten sie das Wasser vollkommen dicht und nutzen sich erst nach einem sehr langen Zeitraume ab.

Ventile mit doppeltem Sitz, wodurch Stöße und Erschütterungen vermieden werden. Der Schluß der Pumpenventile ist oft von einem außerordentlich starken Stoße begleitet, welcher die ganze

Pumpe und ihre Unterlagen erschüttert und auf die Maschine einen zerstörenden Einfluß ausübt. Dieser Stoß ist um so stärker, je größer die Ventile sind, und je höher die auf ihnen lastende Wassersäule. Wenn ein hinreichend langer Aufenthalt am Ende eines jeden aufsteigenden und niedergehenden Kolbenlaufs stattfände, so wird man einsehen, daß das Saug- und das Druckventil, in Folge des Ueberschusses ihres Gewichtes über den einer gleichen Wassermenge, auf ihren Sitz zurückfallen würden, und daß folglich die erlangte Geschwindigkeit am Ende ihres Falles unbeträchtlich und der Stoß gering sein würde. Wenn aber ein Kolbenlauf, in umgekehrter Richtung von der beendigten, anfängt, ehe das Ventil Zeit gehabt hat, auf seinen Sitz zurückzufallen und sich zu schließen, so würde eine rückgängige Bewegung der von dem Kolben angesaugten und ausgedrückten Wassersäule stattfinden, welche Bewegung durch den Schluß des Ventils plötzlich aufgehalten werden würde. Daher der sehr starke Stoß, den man bei fast allen Pumpen wahrnimmt. Um diesen in vielen Fällen sehr bedeutenden Nachtheil zu vermeiden, müssen die Ventile schwer sein, sie müssen dem Wasser einen großen Durchgang öffnen, ohne sich weit von ihrem Sitze zu entfernen, und sie müssen endlich eine solche Form haben, daß der Widerstand des Wassers, in welches sie fallen, ihren Fall so wenig als möglich aufhält. Die Fig. 1 bis 11, Taf. III., stellen ein Ventil nach der Einrichtung der Herren Harvey und West, Maschinenbauer zu Hayle in Cornwall, dar, welche uns allen so eben ausgesprochenen Bedingungen zu entsprechen scheint. Sie ist denjenigen nachgebildet, welche Hornblower erfand, und die seit langer Zeit bei dem Cornwalliser Dampfmaschinen zur Wassergewältigung angewendet worden sind. Um sie auf die Pumpen anzuwenden, brauchte man sie nur etwas zu verändern, damit sie sich durch das Spiel des Kolbens und ihr eignes Gewicht von selbst öffnen und verschließen. Die englischen Mechaniker nennen diese Ventile: **Double Beatvalves**, Ventile mit doppeltem Schlag; Combes nennt sie **Soupapes à double siège**, d. h. Ventile mit doppeltem Sitz.

Die Fig. 1 ist ein Aufriß des Ventils und seines Sitzes, wenn das Ventil geschlossen ist. Die Fig. 2 ist ein horizontaler Aufriß des von oben gesehenen Ventils. Die Fig. 3 ist ein senkrechter Durchschnitt nach der Achse des geschlossenen Ventils. Die Fig. 4 ein senkrechter Durchschnitt des offenen Ventils. Die Fig. 5, 6 und 7 sind ein Aufriß, ein Grundriß und ein senkrechter Durchschnitt des Sitzes; die Fig. 8 ein horizontaler Durchschnitt der Scheider, welche nach der Achse des Sitzes laufen, nach der Linie a b der Fig. 7, sowie der Grundriß der untern ringförmigen Berührungsoberfläche, auf welche der bewegliche Theil paßt. Die Fig. 9, 10 und 11 sind ein Aufriß, ein Grundriß und ein senkrechter Durchschnitt des von seinem Sitze getrennten Ventils. Gleiche Buchstaben bezeichnen auf allen diesen Figuren gleiche Theile. c, c, c, c der feste Sitz von Gußeisen oder von Bronze, auf welchem und um welchen sich der bewegliche Theil d d, der ebenfalls aus Metall und am häufigsten aus Bronze besteht, bewegt. Die Ringe e, e, e′, e′ sind sorgfältig zugerichtet und passen, wenn das Ventil geschlossen ist, genau auf die Theile FF′ des Sitzes. Das Ventil öffnet sich zu gleicher Zeit nach oben und nach unten, wenn die Ringe ee, e′e′,

resp. die Sitze ff, ff′, verlassen. Die Sitze können aus metallischen Flächen, die angegossen und alsdann abgedreht, abgeschmirgelt und alsdann polirt worden sind, bestehen; oder man dreht in den angegossenen Sitz zwei ringförmige Rinnen, die man darauf mit Ringen ausfüllt, welche aus Holzsegmenten oder aus einem weichen Metall bestehen, welche letztere Einrichtung vorzuziehen ist. Die hölzernen oder metallenen Ringe sind in allen Fällen sehr sorgfältig auf ihrer obern Fläche abgedreht und zugerichtet. g, g ist eine ringförmige Rinne unter dem Sitz, in welchem man einen ledernen Ring einbringt, um jeden Wasserverlust zwischen dem Sitz und dem flachen Ringe, auf welchem er durch Schrauben befestigt ist, zu vermeiden. h, h ist ein an dem Sitz angegossener Cylinder, welcher als Leiter des beweglichen Theils von dem Ventil dient. i, i ist ein metallener Vorsprung an dem Umfange des Cylinders hh, welcher in eine entsprechende Vertiefung in dem beweglichen Theile tritt, um jede drehende Bewegung desselben während seines Auf- und Niederganges zu vermeiden. kk ist eine auf den Cylinder aufgeschraubte Scheibe, um die Bewegung des Ventils in senkrechter Richtung zu verhindern, sowie auch um zu vermeiden, daß es nicht aus seiner Lage gebracht werden kann. Die Pfeile l, l, l, l, l, l, Fig. 4, deuten den Gang des Wassers durch das offene Ventil an. mm ist der ringförmige Theil des Ventils, welcher die Differenz des Drucks zu beiden Seiten des Ventils, in Folge des Spiels von der Pumpe, trägt. Die Oberflächengröße dieses Theils muß daher im Verhältnisse zu dem Gewichte des Ventils und zu der Oberflächengröße der sich berührenden ringförmigen Oberflächen stehen, so daß das Ventil zuvörderst von seinem Sitze durch den größern, von unten wirkenden Druck, gegen den von oben wirkenden, getrennt und alsdann durch die Einwirkung des sich bewegenden Wassers auf den Theil mm, nachdem derselbe von seinem Sitze getrennt worden ist, rasch gehoben wird.

Die Ventile dieser Art wurden bei dem Wasserwerke von Oldford in London angewendet, deren durch eine einfache Dampfmaschine bewegter Taucher einen Durchmesser von 41 englischen Zollen (1,04 Meter) hat. Diese Pumpe wurde im December 1838 erbauet, allein die Ventile, mit denen sie zuerst versehen wurde, veranlaßten bei ihrem Schluß solche Stöße, daß das ganze Dampfmaschinengebäude davon erschüttert wurde. Man suchte diese Unannehmlichkeit durch mehrere Mittel abzuhelfen, welche jedoch alle unwirksam waren, bis daß man endlich die beschriebenen Ventile mit doppeltem Sitz, statt der vorhandenen, anbrachte, wodurch die Stöße sehr vermindert wurden, und welche vollkommen Wasser hielten.

Wir geben in Fig. 12, Taf. III., einen senkrechten Durchschnitt der Pumpensätze zu Oldford. Die Ventile mit doppeltem Sitz sind für weite Pumpen sehr zweckmäßig; wir glauben daher, daß sie bei Kunstsätzen in Gruben ebenfalls sehr vortheilhaft angewendet werden können. Aus diesem Grunde haben wir sie hier auch genau beschrieben, und bemerken nur noch, daß wir bei den Dampfmaschinen darauf zurückkommen werden.

Nothventil. — An dem untern Schachtsatze bei der 50½zölligen Maschine der Theresie-Galmei-Grube in Oberschlesien war die Thür des Ventilkastens nicht mehr dicht zu erhalten, und nothwendig, dieselbe gegen eine

neue dergleichen auszutauschen. Dazu bedurfte man aber mehr Zeit, als die in wenigen Minuten über dem Kasten aufsteigenden Wasser gestatteten. Obwohl der Satz in Senkbäumen hängt, so war doch an ein Herausheben desselben nicht zu denken, weil die Zimmerung die Senkbäume festklemmte, in Folge der außerordentlichen Schwierigkeiten, mit denen das Absinken jenes Schachtes zu kämpfen hatte, und wobei es ans Wunderbare grenzt, daß das darüberstehende massive Maschinengebäude glücklich erhalten wurde. Unter jenen Umständen hätte man in den Schacht einen Nothsatz einbauen müssen, wenn man nicht auf eine Aushülfe gefallen wäre, die mit geringem Zeit- und Kostenaufwande dem Zwecke vollkommen entsprach, nämlich auf Einbringung eines Ventiles, welches auf Taf. VI., in Fig. 9, in $\frac{1}{18}$ der natürlichen Größe abgebildet worden ist.

Ein gewöhnlicher gußeiserner Kolbenkörper und ein eben dergleichen Ventil sind durch eine eiserne geschmiedete Schiene von 3 Zoll Breite und $1\frac{1}{4}$ Zoll Stärke mit einander in einem solchen Abstande verbunden, daß während das Ventil in den konischen Sitz der Ventilkastenröhre langt, der Kolben mit seiner ganzen Höhe in die Kolbenröhre hineingreift.

Jene am oberen Ende in einen, dem sonstigen Ventilhaken ganz gleichen Haken abgeschmiedete Schiene oder Stange geht dort zunächst durch einen geschmiedeten Steg, unter dem die kreisrunde, mit halbkreisförmigen Eisenblechen in sonstiger Art beschlagene Lederklappe, auf der abgehobelten Oberfläche des Kolbenkörpers liegt. Unter diesem geht durch die Stange eine Vorstecke, die durch einen eingeschobenen Splint befestigt erscheint. Für das Ventil hat die Stange beiderseits einen kleinen Absatz, und unter dem Ventile trägt sie erst einen Steg, darunter aber eine mit Splint versehene Vorstecke.

Der Kolben trägt eine gewöhnliche Lederstulpe, die indessen etwas stärker als sonst genommen, damit sie mit ihrem oberen Rande recht fest an die Kolbenröhre anschließe. Ueber die Stulpe ist nun bis zur halben Kolbenhöhe ein lederner, cylindrischer Schlauch geschoben, darauf aber der etwas größer als sonst abgeschmiedete Kolbenring. Da dieser hier, des Lederschlauches wegen, nicht durch einen Steg zu halten war, so hat man an drei Stellen Muttergewinde ins Gußeisen geschnitten und den Ring mittelst dreier Setzschrauben, welche durch beiderlei Leder hindurch gehen, befestigt.

Das untere Ende des Lederschlauches umfaßt den ganzen Ventilkörper, dann ist ein gewöhnliches Ventilfutter darauf geschoben, welches so wie der Schlauch durch den scharf aufgetriebenen Eisenring und den bereits erwähnten Quersteg festgehalten wird.

Zwischen Kolben und Ventil (welches letztere ohne Klappen) ist ein helicoidal gewundener Eisendraht (Rundeisen von $\frac{3}{8}$ Zoll Stärke) in das Innere des Schlauches hineingebracht, um diesen beim Ansaugen der Pumpe auseinander zu halten.

Das also zusammengesetzte Stück wurde ganz in derselben Weise, wie die gewöhnlichen Ventile, am Doppelringe des Windeseiles eingesenkt, und dann auch eben so mit dem Ventilstaucher festgestampft.

Die betreffende Kolbenröhre hat eine größere Länge, als der Pumpen-

stangenhub beträgt, weßhalb man nur das vorher sehr lange Kolbenschwert etwas abzuhauen und sodann den Hub der Maschine bloß wenig zu verkürzen hatte. Man beschleunigte dafür den Wechsel etwas, und so waren die Wasser nicht nur bald gesümpft, sondern wurden während der Auswechselung der Ventilkastenthür vollkommen und ohne die mindeste Störung niedergehalten. Die ganze Einrichtung des angegebenen Nothventils hat sich also durchaus zweckmäßig gezeigt, und ist mit gleich gutem Erfolge davon auch schon anderwärts wiederholt Anwendung gemacht worden.

Später hat man auf Wilhelmine-Grube für den (unteren) Hubsatz, dessen Kolbenröhre eine lichte Weite von 17½ Zoll hat, ein dergleichen Nothventil angewendet, das man aus Gußeisen herstellte. Um sich von der Form desselben ein Bild zu machen, braucht man sich in unserer vorliegenden Abbildung nur den Kolben mit dem Ventilkörper durch eine gußeiserne Röhre verbunden oder vielmehr in Einem Stücke abgegossen zu denken, wobei die Stange auch nicht durch beide Stege durchgreift, sondern der Haken ist bloß an dem oberen (gußeisernen) Stege befestigt.

In Bezug auf den Eingangs gedachten Unfall mit der Ventilkastenthür auf Therese-Grube nehmen wir Veranlassung, hier noch die Bemerkung beizufügen, daß die in den letzten Jahren eingeführten hölzernen Thüren zwar manche Vorzüge vor den gußeisernen, immer aber nicht diejenige Sicherheit gewähren, welche man dabei wünschen muß. Obendrein haben sie, bei unerheblicher Gewichts-Verminderung, das Unangenehme, daß dieselben, wenn man sie ja einmal trocken einbringt, beim Anquellen im Wasser die Kasten-Kränze absprengen, oder die umgelegten Ziehbänder zerreißen; so wie daß das Eichenholz, was man dazu zu nehmen pflegt, in Folge Ausspülung des Gerbstoffes im Wasser nicht unbeträchtlich schwindet, was zuletzt Undichtigkeiten herbeiführt. Man hat über alles dies in den hiesigen Revieren recht unangenehme Erfahrungen gemacht, und giebt seitdem bei den großen Pumpen den Ventilkasten-Thüren von Schmiedeeisen den Vorzug, welches man unterm Frischhammer tüchtig durch- und ausschmieden läßt, und je nach Weite und Höhe des Satzes ⅝ bis nahe 1 Zoll stark nimmt.

Vor solche Thüren kommen dann auswendig, je nach ihrer Höhe, 3 oder 4 geschmiedete Legeisen, wie bei den hölzernen, welche mit denen, den ganzen Kasten umgreifenden, Ziehbändern ähnlichen, Schrauben fest angezogen werden. Solche Thüren sind allerdings etwas theuer, was indessen bei ihrer großen Sicherheit und den übeln Folgen einer Störung in der Wasserhaltung wohl in den meisten Fällen nicht in Betracht kommen dürfte.

Mönchspumpe in dem Davider Richtschachte auf dem Grubengebäude Himmelfahrt sammt Abraham Fundgrube bei Freiberg. Fig. 15, Taf. II. giebt einen senkrechten Durchschnitt dieser von dem Herrn Maschinendirector Brendel vorgerichteten Pumpe. Die in dem gedachten Schachte angebrachte Wasserhebungsmaschine ist ein oberschlächtiges Radezeug mit Stangen vorgelegen. Das Kunstrad, von 20¼ Elle Durchmesser und 1 Elle Radweite, enthält 96 gußeiserne Schaufeln, bei welchen Stoß- und Riegelschaufel aus einem Stücke gegossen sind, so daß der die Riegelschaufel bildende Theil nach einem Kreisquadranten von etwa

4 Zoll Halbmesser gebogen, die Fang- oder sogenannte Stoßschaufel aber ganz gerade unter 75 Grad Neigung gegen den Halbmesser, von dem in der Mitte des Radkranzes liegenden Theilkreise aus, gegen die äußere Peripherie hin gelegt ist. Uebrigens sind weder das Kunstrad, noch auch die beiden hölzernen Kunststangen sammt den beiden dergleichen Kunstkreuzen in Betreff ihrer Construction von anderen dergleichen verschieden. Die Sätze werden mittelst unmittelbar an die Kunstkreuze angehängter eiserner Schachtgestänge in Bewegung gesetzt.

Die Mönchspumpen. Bis jetzt sind deren vier eingebaut; da jedoch das Kunstgezeug bis zur sechsten Gezeugstrecke wirken soll, so werden später noch zwei folgen, indem jede Pumpe auf je eine Gezeugstreckenteufe hebt. Sie sind abwechselnd an dem einen und dem andern Schachtstoße eingebaut. Ein Ventilkasten A enthält das Saug- oder vielmehr Einlaßventil a und das Steigventil b, zu denen man durch die mit den Schlußplatten O und P bedeckten Einsetzöffnungen gelangt. An dem untern Theile dieses Ventilkastens ist die Nonne oder Kolbenröhre B befestigt, in welche der an das Schachtgestänge angeschlossene Mönch C von unten hineingeht. Der wasserdichte Abschluß am untern Eintritte wird durch die Stopfbüchse c d e f g h bewirkt, welche aus einem untern und obern Abliderungskranze und einem doppelt zusammengelegten Lederstreifen besteht.

Auf dem Ventilkasten A sitzt die Steigröhre D, an ihrem untern Theile aber ein kurzes Halsrohr mit einem messingenen Hahn E, mittelst dessen man die Wassersäule aus der Steigröhre ablassen kann. Das obere Ende der Steigröhre tritt von unten in einen aus Pfosten gefertigten Kasten, welcher wieder dem Ventilkasten der nächst obern Pumpe oder des nächst obern Satzes das zu hebende Wasser zuführt.

Der aus einem Stücke gegossene Ventilkasten A hat eine parallelepipedische Form. Seine obere Fläche enthält die beiden Einsatzöffnungen für die Ventile und die Einmündung in die Steigröhre. Die untere ebenfalls durchbohrte Fläche nimmt die Nonne B auf. Von seinen beiden Enden ist nur dasjenige in paraboloidischer Form geschlossen, auf welchem die Steigröhre steht. Unterstützt wird dieses Ende durch eine von außen angegossene Rippe r. Das andere Ende des Ventilkastens gewährt dem Wasser aus dem Speisekasten T den Eintritt und ist dazu als hohles Parallelepiped gestaltet, welches im Lichten 12 Zoll hoch und 13 Zoll breit und in der Wand 1 Zoll stark ist. Das Innere des Ventilkastens enthält die mit dem Kasten aus einem Stück gegossenen Ventilsitze c d und d f, deren Form ganz die eines vierseitigen Rahmens ist. Diese Platten, von $1\frac{1}{4}$ Zoll Stärke, haben eine gegen den Speisekasten geneigte Lage, und zwar beträgt diese Neigung für das Saugventil a circa 41° 4′ und für das Druckventil b 30° 39′ gegen den Horizont. Auf jedem der Ventilsitze ruht eine gut polirte messingene Platte g h, deren Durchbrechung auf die des Ventilsitzes paßt, und die mittelst versenkter Schrauben m und mit einer untergelegten Lederscheibe auf die Ventilsitze geschraubt ist.

Die Ventilöffnungen haben beide eine rechteckige Form von $7\frac{1}{2}$ Zoll lichter Weite und 4 und 5 Zoll lichter Höhe. Die Befestigung der Ventile

auf den oben erwähnten messingenen Platten erfolgt mittelst Schrauben n. Die Stellung der Ventile gegen einander ist so getroffen, daß zwischen beiden die Einmündung der Nonne in den Ventilkasten liegt.

Die Ventile bestehen jedes aus zwei eisernen Scheiben, einer untern kleinern und einer obern größern, zwischen denen eine lederne Abliderungsscheibe so eingeschraubt ist, daß davon ein auf der Längenseite ungefähr $2\frac{1}{2}$ Zoll hervorspringender Streifen als Charnier dient, indem derselbe, und somit auch das Ventil, durch die Schrauben n auf den Ventilsitz befestigt ist. Die obere Ventilplatte von Gußeisen ruht mit der Liderscheibe auf dem, auf den Ventilsitz befestigten, messingenen Rahmen und schließt sonach die Ventilöffnung. Ein an der Längenseite der obern Ventilplatte sitzender und dem Charnier zugewendeter Kamm o verhindert das Ueberschlagen des Ventils, wenn es einmal so hoch gehoben werden sollte. Die untere Scheibe dient zur Verwahrung des Leders und gleichmäßigen Abliderung, indem solche bei dem Abschließen in die Ventilöffnung fällt. Noch gehören zu dem Ventilkasten die schon erwähnten Schlußplatten, welche mit den aufgeschraubten Ringen p gehandhabt werden. Die Nonne P ist ein Cylinder von 13 Zoll lichtem Durchmesser, $\frac{3}{4}$ Zoll Wandstärke und 2 Ellen 11 Zoll Höhe. Ihr oberes, an dem untern Theile des Ventilkastens sitzendes Ende trägt einen außen angegossenen Kranz, wodurch die Verbindung mit dem Ventilkasten mittelst Schrauben hergestellt ist. Der untere Theil der Nonne ist zu einem Stopfbüchsengehäuse a b i k erweitert, welches bei $18\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser $5\frac{1}{4}$ Zoll Höhe hat. Auch dieses trägt am untern Rande einen außen angegossenen Kranz i k, mittelst dessen die Stopfbüchse in ihrem Gehäuse durch Schrauben befestigt wird. Der in der halben Höhe der Nonne außen angegossene Kranz m' n' dient, um derselben einen sichern Sitz zwischen den sie umgebenden Tragstempeln zu gewähren.

Die Stopfbüchse c d e f besteht aus der eigentlichen Stopfbüchse und dem untern Abliderungskranze. Die äußere Form der eigentlichen Stopfbüchse c d g h ist die eines hohen, in der obern äußern Kante abgerundeten Ringes von $6\frac{1}{2}$ Zoll Höhe, um welchen unten ein $4\frac{1}{2}$ Zoll breiter Kranz g h herein liegt. Von der untern Fläche bis auf 4 Zoll ist derselbe noch um 1 Zoll weiter, also bis auf 13 Zoll Durchmesser, ausgebohrt. Die untere Abliderungsplatte e f l m besteht aus einem Kranze von 24 Zoll äußerem und 12 Zoll innerem Durchmesser, auf dessen Oberfläche, und zwar am innern Rande herum, ein $1\frac{1}{2}$ Zoll hoher und $\frac{1}{2}$ Zoll starker Ring sitzt, welcher den Raum zwischen der engern und weitern Bohrung ausfüllt. Derselbe läßt daher von letzterer einen Hohlring über sich übrig, in welchen der die Stopfung bildende, zusammengebrochene Lederstreifen eingelegt ist.

Der Mönch C besteht aus einem 2 Ellen $13\frac{1}{2}$ Zoll hohen, oben geschlossenen Cylinder von 12 Zoll äußerm und 10 Zoll innerm Durchmesser. Sein oberes Ende ist durch eine Kugelmütze geschlossen, sein innerer Raum mit Holz ausgefüttert. Dieser Mönch ist auf die auf seine Achse aufsteigende Mönchstange o' p' aufgesteckt und durch eine Schraube befestigt. Die Verbindung der Mönchstange mit dem Schachtgestänge wird mittelst einer Ga-

bel a b, Fig. 13 u. 14, Taf. III. bewirkt, in welche das untere Ende der ersten ausläuft.

Auf dem Ventilkasten sitzt ferner das untere Ende der Steigröhre, welche aus 3 Ellen langen Stücken von 7 Zoll lichter Weite und $1\frac{1}{2}$ Zoll Wandstärke zusammengesetzt ist.

Die Speise- und Ausgußkästen sind in parallelepipedischer Form aus 2 Zoll starken Pfosten angefertigt; ihre Dimensionen richten sich nach der Oertlichkeit des Schachtes.

Jede dieser Pumpen ist auf zwei verticale, parallel neben einander stehende Wände aufgesetzt, deren jede aus 3 unmittelbar aufeinander gelegten eichenen Tragstempeln besteht, welche söhlig im Bühnloch und Anfall, und rechtwinkelig auf dem Streichen des Schachtes stehen; sie sind durch zwei starke Ankerschrauben mit einander verbunden. Auf den beiden obersten dieser Tragstempel ruht nun der Ventilkasten A, auf zweien, die Tragstempel rechtwinkelig kreuzenden Querladenhölzern.

Auch die Steigröhren sind in je 9 Ellen Höhe, also auch die Länge von 3 Röhren, auf Ladenhölzer aufgelagert, damit der Ventilkasten nicht ihr ganzes Gewicht zu tragen habe. Diese Ladenhölzer liegen im Bühnloch und Anfall, und auf ihnen sind rechtwinkelig zwei, die Röhren ebenfalls einfassende Querladenhölzer eingeschraubt, die den oben erwähnten Kranz tragen. Diese Vorrichtungen, deren sonach jede Röhrensäule mehrere besitzt, geben daher derselben diejenige größere Stabilität, ohne welche die in ihnen vorkommenden Stöße die Verbindung der Steigröhren unter sich zerstören würden.

Der wasserdichte Verband der einzelnen Theile jedes Satzes ist dadurch bewirkt, daß Bleischeiben und, nach Befinden, Bleikränze zwischen den zwei zu verbindenden Theilen liegen, welche Scheiben oder Kränze den durch sie abzulidernden Theilen angepaßt und dazwischen verschraubt sind. Auf diese Bleischeiben sind versuchsweise noch in Talg getränkte Hanffaden aufgelegt. Die hervorspringenden Ränder dieser Bleischeiben sind mit Dichtmeißeln so zusammen und in die noch verbliebenen Fugen eingetrieben, daß sie einen wasserdichten Abschluß bilden.

Die Verbindung von zwei gewöhnlichen Steigröhren erfolgt durch 6 Schrauben, die auf der concentrischen Ringfläche des angegossenen Kranzes um die Röhre herum gleichmäßig vertheilt sind. Um aber dem Wasser auch an den Schrauben hin den Durchgang zu verschließen, sind an jeder Schraube zwei kleine Bleischeiben angesteckt, die eine unter dem Kopfe und die andere unter der Schraubenmutter, welche durch das Anziehen der letztern in kleine Höhlungen treten und den wasserdichten Abschluß veranlassen.

Als ein sehr wichtiger Theil dieser Mönchspumpen ist ferner die Stopfbüchse mit ihrer Einrichtung und Leistung noch in's Auge zu fassen. Der Stopfbüchsenkern, die eigentliche Stopfbüchse c d g h, sitzt fest und concentrisch auf dem obern Liderungskranze. Zwischen diesem Kranze g h, der Stopfbüchse c d und dem entsprechenden Kranze i h des Stopfbüchsengehäuses liegt ebenfalls ein Bleikranz w; beide werden hierauf durch Schrauben T zusammengeschraubt, welche statt des Kopfes unterhalb des Stopfbüchsen-

kranzes ein Gestemme x tragen; unter dem sich noch unterhalb dieses Gestemmes verlängernden Theile derselben wird nun der untere Liderungskranz e f l m aufgesteckt und ebenfalls durch Muttern festgehalten.

Der Liderungsring, der in dem vertieften Ringkanal l m z z eingelegt wird, besteht aus einem ursprünglich 6 Zoll breiten Streifen von Mastrichter Leder, der zur bessern Erhaltung, sowie zur Verminderung der Reibung des Mönchs, in Talg getränkt und hierauf doppelt, sonach auf 3 Zoll Breite, zusammengebrochen ist. Er wird so eingelegt, daß die beiden neben einander liegenden Ränder nach oben dem Innern der Nonne zu gerichtet sind, so daß, wenn ja aus letzterer Wasser am Mönche herab in die Stopfbüchse dringt, dasselbe zwischen den Lederring eintritt, denselben daher aus einander und einerseits gegen die Wand der Stopfbüchse, andererseits gegen die Umfläche des Mönches preßt und sich somit selbst den weitern Ausgang verschließt.

Wenn die Liderung ihre Dienste durch langen Gebrauch versagt, so wird ein neuer Lederstreifen eingesetzt, indem der untere Liderring von den Schrauben u gelöst und so der Lederstreifen um den Mönch gelegt, in seine Kammer eingeschoben werden kann. Der untere Liderungskranz wird durch die Schrauben u von Zeit zu Zeit gegen den oben erwähnten Lederstreifen und dieser somit auch gegen den Mönch gepreßt, wodurch die Liderung schärfer wird. Auf das zu diesen Mönchspumpen gehörende Schachtgestänge kommen wir weiter unten zurück.

Stellung der Kunstsätze in den Schachten. Gewöhnlich wird die Wasserhaltung oder Wassergewältigung aus tiefen Schachten durch mehrere übereinander stehende Sätze bewirkt. Der untere Satz nimmt die Wasser in dem Sumpfe auf und gießt sie in einen Speise- und Ausgußkasten, welcher in einer höhern Schachtsohle auf Tragstempeln ruht. In diesem Kasten steht die Saugröhre eines zweiten Satzes, welcher in einen zweiten Kasten ausgießt, und so fort, bis daß die Wasser endlich zu Tage gehoben worden sind, oder auf einen Stollen abfließen, der sie zu Tage führt.

Die Kolben aller dieser Sätze sind gewöhnlich an ein und dasselbe hölzerne Gestänge, das sogenannte Schachtgestänge, befestigt; dieses reicht durch die ganze Teufe des Schachtes, und hängt mit seinem obern Ende an einem Kunstkreuze oder Balancier, welcher ihm die auf- oder abgehende Bewegung ertheilt, die es selbst von der Triebmaschine erhält.

Die Fig. 1, Taf. IV. stellt einen seigern Kunstschacht mit mehreren übereinander stehenden Sätzen dar. t t' ist das Schachtgestänge, welches von den Motoren eine abwechselnde, auf- und niedergehende Bewegung erhält; p^1 $p^{1\prime}$ ist der untere Satz, ein hoher Drucksatz mit hohlen Kolben. Die Details dieses Satzes sind in Fig. 16, Taf. I. dargestellt. Der Ventilkasten ist in c; die Kolbenstange ist an dem Schachtgestänge t t' bei a mittelst eines gußeisernen Rahmens befestigt, der einerseits an dem Schachtgestänge, und andererseits an der Kolbenstange festgeschraubt ist. Dieser Satz gießt in den Kasten b^1 aus, aus welchem das Wasser durch die Saugröhre der Druckpumpe p^2 $p^{2\prime}$ aufgenommen wird (wegen der Einrichtung dieser Pumpe sehe man Fig. 1, Taf. II.). Der Taucherkolben dieses Satzes

ist mit dem Schachtgestänge a' mittelst eiserner Bänder verbunden; zwischen dem Schachtgestänge und der Stange des Taucherkolbens liegen kurze Stücken Holz m m, um den erforderlichen Abstand zwischen beiden herzustellen, und damit die Achse des Taucherkolbens der Achse von der Kolbenröhre entspreche. Der Satz p^2 $p^{2'}$ gießt in den Kasten b^2 aus, von wo aus die Wasser durch eine ähnliche Pumpe weiter gehoben werden u. s. w.

In dem Kunstschachte ist eine Reihe von Fahrten angebracht, damit man die Sätze leicht untersuchen könne.

In den Höhen, in denen sich die Ventilkästen befinden, sind Bühnen angebracht und auf denselben kleine Krahne oder Winden, die aber auf der Abbildung fehlen, und mittelst denen ein Arbeiter im Stande ist, die Thüren der Ventilkästen abzunehmen, wenn die Ventile in Ordnung gebracht werden müssen.

Das Schachtgestänge, welches seine abwechselnde auf- und niedergehende Bewegung den Kolben aller Sätze mittheilt, wird in dem Schachte durch die Stempel x x geleitet, die einander parallel und in den Stößen des Schachtes im Bühnloch und Anfall liegen; auf diesen Stempeln sind andere Hölzer, ebenfalls einander parallel, befestigt, so daß das Gestänge von allen 4 Seiten umschlossen ist, obgleich es sich in der quadratischen Oeffnung mit Leichtigkeit auf- und abwärts bewegen kann.

Die Kolbenröhren müssen, wie wir es schon weiter oben aus einander setzten, auf sehr festen Unterlagen ruhen; denn wenn sie im Geringsten aus ihrer Lage kämen, so würden dadurch Brüche, oder wenigstens sehr rasche und ungleiche Abnutzungen der Kolbenliderungen und der Stopfbüchsen und dadurch Wasserverluste veranlaßt werden.

Eben so müssen, wie wir vorhin sahen, die Steigröhren feste Unterstützungen haben und wasserdicht mit einander verbunden sein, indem sonst mancherlei Nachtheile daraus entstehen würden.

Schachtgestänge. Das Schachtgestänge muß solche Dimensionen haben, daß es weder eine wesentliche Verlängerung oder Verkürzung, noch eine Biegung durch den Zug oder den Druck, denen es unterworfen ist, erleidet, damit es vollständig ohne Schwankungen und Erschütterungen die ihm durch die Triebmaschine ertheilte Bewegung bis zum Schachttiefsten mittheile. Aus demselben Grunde muß es mit dem Balancier des Hebels oder Kreuzes, der es bewegt, durch genau gearbeitete Maschinentheile verbunden sein, damit kein Spielraum entstehe, der zu Stößen während der Bewegung des ganzen Systems Veranlassung geben würde. Eben so müssen die Vorrichtungen, welche das Gestänge leiten, sehr genau und fest sein.

Die erste Folgerung, welche aus der Nothwendigkeit einer festen und unveränderlichen Lage aller Stücke von einem Kunstgezeuge in einem Schachte zu machen ist, besteht darin, daß dieser Schacht selbst mehr fest sein und in einem Gebirge abgeteuft sein muß, welches durch Brüche, welche in den Abbauen entstehen könnten, nicht erschüttert wird. Wenn dieser letztern Bedingung genügt ist, so ist es zur Erfüllung der erstern erforderlich, diejenigen Theile der Schachte, die nicht in hartem, festem und durch die Atmosphärilien unveränderlichen Gestein stehen, in eine feste Zimmerung, oder

besser Mauerung, zu setzen. Endlich muß man für die Lage der Kolbenröhre, der Wasserkästen und der Unterlagen oder Tragstempel der Steigröhren, oder der Leitungen für die Schachtgestänge, solche Punkte des Schachtes wählen, welche die größte Festigkeit darbieten, wenn diese Festigkeit nicht an allen Punkten gleich ist. Die Mittel zur Befestigung der Stützen für die verschiedenen Theile der Kunstsätze sind übrigens in jedem Falle verschieden, indem sie sich nach der Beschaffenheit des Gesteins, sowie nach der Sicherung des Schachtes durch Zimmerung oder Mauerung richten. Wir wollen uns nun jetzt etwas näher mit den verschiedenen einzelnen Theilen der Kunstgezeuge beschäftigen.

Das Schachtgestänge besteht gewöhnlich aus Holz, zuweilen auch aus Schmiedeeisen, wenn es ziehend wirken soll. Ein hölzernes Schachtgestänge besteht aus mehreren Stücken mit Sorgfalt ausgewählten Fichtenholzes, welches weder Aeste, noch Fehler irgend einer Art haben darf. Es muß mit der größten Sorgfalt behauen und zugerichtet, und die Stücke müssen mit einander verzahnt sein, wie Fig. 2. Taf. IV. zeigt, und außerdem müssen diese einzelnen Theile durch Bänder von Flacheisen mit einander verbunden sein, welche die Flächen derselben bedecken; oder es müssen an den Flächen der zu vereinigenden Stücke Flacheisenstäbe liegen, welche über die Verzahnungen hinausgehen und durch Schraubenbolzen mit einander vereinigt sind, welche beide Eisenstäbe, so wie auch die hölzernen Gestänge, mit einander vereinigen. Die Dimensionen der Querschnitte des Schachtgestänges sind nicht in allen Teufen gleich. Die oberen Theile, welche mit dem Gewichte der untern belastet sind, müssen stärker sein; und in tiefen Schachten, welche weite Kunstsätze haben, bestehen diese oberen Theile des Gestänges oft aus zwei Stücken Holz, die an einander liegen und durch eiserne Schraubenbolzen mit einander verbunden sind. In einem Kunstschachte der consolidirten Gruben in Cornwall, der eine Teufe von 1200 engl. Fuß (366 Meter) hatte, befand sich ein Schachtgestänge, dessen oberer Theil aus zwei neben einander liegenden Stücken Holz bestand, von denen ein jedes einen engl. Fuß (0,30 Meter) im Quadrat stark war, während der Querschnitt von dem untern Theile des Gestänges nur 13 Zoll engl. (0,33 Meter) im Quadrat betrug.

Alle Sätze in dem Schachte, den wir betrachtet haben, sind Druckpumpen mit Taucherkolben, mit Ausnahme des untersten Satzes, der einen hohlen Kolben hatte. Die Wasser wurden in die Steigröhren der Druckpumpen durch den Niedergang des Schachtgestänges eingedrückt, und der Widerstand, den die Wasser dem Gestänge leisteten, betrug etwa 29,000 Kilogramm. Dem Gewichte des Schachtgestänges wurde außerdem noch zum Theil das Gleichgewicht durch Balanciers mit Gegengewichten gehalten, von denen der eine über Tage und die beiden anderen in Räumen befindlich waren, die man zu diesem Zweck in dem einen Schachtstoße vorgerichtet hatte; auch war noch eine Wassersäule von 180 engl. Fuß Höhe vorhanden, welche in einer seigern Röhrensäule schwankte, die zwischen der Stollensohle und der Schachtöffnung angebracht war. Die Wirkung der Gegengewichte der Balanciers und der Wassersäule betrug etwa 55,000 Kilogr., auf die Geschwindigkeit des Schachtgestänges reducirt, so daß das Gewicht desselben und der mit ihm

verbundenen Stücke, welche es in seine abwechselnde geradlinige Bewegung mit hereinzog, 84,000 Kilogramm überstieg.

Dieser bedeutende Ueberschuß des Gewichts von dem Schachtgestänge über das des Wassers, welche es durch seinen Niedergang heben soll, wird nicht allein durch die Nothwendigkeit geboten, ihm hinreichende Dimensionen zu geben, um die Möglichkeit von Brüchen, jede Verlängerung oder Verkürzung und hauptsächlich jede merkliche Biegung während des Niederganges des Gestänges zu vermeiden. Er ist auch, wie wir es weiter unten sehen werden, vortheilhaft in Beziehung auf die Beschaffenheit der Triebkraft, welche eine einfach wirkende Expansions-Dampfmaschine ist.

Die Stücken Holz, welche das fragliche Gestänge zusammensetzten, hatten jedes eine Länge von 15 — 18 Meter; sie waren an ihren Enden nur mit Verplattung ohne Verzahnung verbunden, auf allen 4 Flächen mit eisernen Stäben versehen, durch welche starke Schraubenbolzen gingen. Man nennt die Verbindung zweier Schachtstangen mit einander, sei sie auf die eine oder die andere Weise bewerkstelligt, ein Schloß.

An seinem obern Ende war das Schachtgestänge mit dem Balancier, welcher ihm die Bewegung ertheilte, durch ein starkes Stück Schmiedeeisen, welches aus einem platten und einem keilförmigen Theile bestand, verbunden; der keilförmige Theil drang 1,50 bis 2 Meter lang in das Holz ein; auf dem Ende des Schachtgestänges lag eine Platte. Oben endigte das Stück in eine Gabel, deren Zacken zwei Oeffnungen hatten, die den starken Bolzen aufnahmen, durch welchen es mit dem Balancier verbunden war. Zwei Stäbe von Flacheisen liegen an den beiden Seitenflächen des Gestänges und sind durch Schraubenbolzen angezogen, welche sowohl durch alle diese Beschläge, als auch durch das Holz gehen. Fig. 3, Taf. IV. zeigt diese Einrichtung.

Man sieht in Fig. 1, Taf. IV., die Art und Weise der Verbindung der Sätze der verschiedenen Kolben mit dem Schachtgestänge.

Vorsichtsmaßregeln gegen Brüche des Schachtgestänges. Ungeachtet der starken Dimensionen und der außerordentlichen Festigkeit der Stücke, welche das Schachtgestänge bilden, und der sie vereinigenden Beschläge, würde dennoch ein Bruch von diesem Stücke Veranlassung von so schweren Zufällen geben, daß man gegen jede Möglichkeit derselben Vorsichtsmaßregeln treffen muß. Zu dem Ende versieht man das Schachtgestänge mit sogenannten Fangfüßen, die in verschiedenen Höhen und nahe genug bei einander, besonders in den obern Teufen, wo Brüche noch größere Zerstörungen veranlassen würden, angebracht werden.

In den Zinn- und Kupferbergwerken in Cornwall bestehen die Fangfüße nur aus zwei kurzen Stücken Holz v v' v v', Fig. 1, Taf. IV., die an den entgegengesetzten Flächen des Schachtgestänges angebracht und durch starke Schraubenbolzen damit verbunden sind. Diese Fangfüße sind so angebracht, daß ihr unterer Theil, wenn das Schachtgestänge an das Ende seines Niederganges gelangt, fast in Berührung mit den Stempeln kommen, welche die Leitung desselben bilden. Diese Leitungen bestehen hier aber nicht allein aus zwei Stempeln und aus zwei quer darüber liegenden Hölzern, son-

dern aus mehreren ähnlichen Stücken, die gehörig beschlagen und über einander gelegt worden sind und auf diese Weise ein starkes Gerüst bilden, welches im Stande ist, dem Stoße zu widerstehen, den der Bruch eines Schachtgestänges veranlassen würde.

Vorrichtungen zu Huelgoat. Da ähnliche Fangfüße in verschiedenen Höhen an dem Schachtgestänge angebracht worden sind, so würde dasselbe, im Falle eines Bruches, an mehreren Punkten seiner Länge zu gleicher Zeit getragen werden. Die Elasticität des Holzes von dem Gerüste, welcher den ersten Stoß von dem Fangfuß erhielte, würde eine kleine Biegung des Gerüstes gestatten; allein dieselbe würde bei gehöriger Anfertigung der Fangfüße und Gerüste hinreichend sein, damit die andern ihrerseits auch aufsitzen; sind dagegen diese Vorrichtungen unzweckmäßig angeordnet, so daß eine von ihnen eher aufsitzt, als die übrigen, so könnte jene zerbrochen werden, ehe die übrigen Hülfe leisten können. Hat man daher mit sehr schweren Schachtgestängen zu thun, so würde es vortheilhaft sein, die von Herrn Junker für die Schachtgestänge zu Huelgoat angewendete Vorrichtung anzunehmen; sie besteht darin, auf die starken, in die Schachtstöße eingelassenen Tragstempel fichtene, 2 bis 3 Centimeter starke Brettstücke über einander zu legen, welche aber die Wirkung dieses Stoßes auf die Tragstempel, auf denen sie liegen, schwächen und auch außerdem allen Fangfüßen gestatten, auf ihren respectiven Gerüsten aufzusitzen, selbst dann, wenn dieselben nicht ganz richtig vorgerichtet wären.

Herr Junker hat auf diese Weise 5 Paar Fangfüße an ein, 1500 Kilogr. wiegendes Schachtgestänge angebracht, und ist überzeugt, daß der Bruch von 7 übereinander gelegten fichtenen Brettern hinreichend sei, um die ganze, durch ein Gewicht von 3000 Kilogr., welches von 2,30 Meter senkrechter Höhe fällt, erlangte Geschwindigkeit aufzuheben. Die hölzernen Fangfüße sind jetzt in der Grube zu Huelgoat durch schmiedeeiserne Arme ersetzt, die an dem Gestänge befestigt und sehr fest unterstützt sind. Auf dem Brettergerüste, welches durch eiserne Bolzen festgehalten wird, liegt frei ein Bleiblock, welcher im Falle eines Bruchs zuerst den Stoß der Fangfüße aufnehmen würde.

Kolbenröhre, Steig- und Saugröhren. Die Kolbenröhren werden, wie wir schon oben bei der Freiberger Mönchspumpe sahen, auf starke Tragstempel gesetzt, deren Enden mit Bühnloch und Anfall in die Schachtstöße eingelassen werden, wenn deren Gestein fest ist. Diese Bühnlöcher sind zu dem Ende sehr sorgfältig mit Schlägel und Eisen zugeführt. Stehen die Schachte in Mauerung, so werden die Tragstempel in diese eingelassen; wogegen man es möglichst vermeidet, sie auf die Zimmerung der Schachte aufzulegen. Bei den wasserdicht verzimmerten oder in Cuvellirung stehenden Schachten muß man jedoch die Enden der Stempel auf den Cuvellirungs-Jöchern aufliegen lassen, indem man an diese starke Stücken Holz mit starken eisernen Nägeln festnagelt und die Enden der Jöcher darauf legt. Es ist dies besser als die Cuvellirungs-Jöcher mit Oeffnungen zu versehen; jedoch muß man mehrere derselben, die an einander liegen, durch Klammern von Flacheisen mit einander verbinden, um die Belastung der Jöcher auf die-

selben zu vertheilen. Uebrigens befestigt man diese Tragstempel entweder dadurch, daß man sie mit den obern Teufen durch eiserne Stangen, die in Anker auslaufen, mit dem Gestein oder mit obern Tragstempeln verbindet, oder indem man sie auf hölzerne, gußeiserne oder schmiedeeiserne Träger stellt, welche unmittelbar auf dem untern Gebirge, oder auf unteren Tragstempeln aufruhen und strebenartig unter die Mitte der zu tragenden Stempel treten.

Die Kästen oder Tröge, in welche ein Satz ausgießt, und in denen das Saugrohr des nächstfolgenden steht, sind in den Ecken oder an einem von den Stößen des Schachtes angebracht. Sie sind aus starken Bohlen angefertigt, welche sorgfältig abgehobelte Kanten haben, und deren Fugen durch getheerten Hanf wasserdicht gemacht worden sind. Der untere Satz gießt das Wasser in den Kasten durch einen hölzernen Ausguß aus, der an dem obern Ende der Steigröhre befestigt ist, wie man aus Fig. 1, Taf. IV. ersieht. Eine solche Einrichtung hat zwar das Nachtheilige, daß bei jedem Satze das Wasser etwas höher gehoben werden muß, als die Ränder des Kastens betragen, um sie in diesen einfallen zu lassen. Man könnte dies zwar vermeiden, wenn man die Steigröhre des untern Satzes unmittelbar durch den Boden in den Kasten treten ließe; allein es ist zweifelhaft, ob die Schwierigkeit, die Fugen zwischen dem Röhrenhalse und dem Boden des Kastens recht wasserdicht zu halten, die geringe Ersparung an der Triebkraft durch das geringe Höherheben des Wassers, welches bei 25 bis 30 Meter hohen Sätzen sehr wenig ausmacht, nicht vollkommen ausgleichen würde.

Die Steigröhren der Kunstsätze ruhen ebenfalls auf Tragstempeln, die in gewissen Entfernungen in dem Gestein, oder in der Zimmerung oder Mauerung der Schachte eingelassen sind. Auf diesen Tragstempeln ruhen kurze Querhölzer, und auf diesen entweder die Kränze oder an den Röhren angegossene Lappen. Die kurzen Querhölzer sind so gehauen und verkeilt, daß die Kränze genau auf ihnen aufruhen; allein man muß es wohl vermeiden, sie so fest zu keilen, daß Spannungen in den Röhren entstehen, und ein Theil von dem Gewichte der unteren Röhren zu tragen ist. In allen Fällen ist es von Wichtigkeit, daß die Achse der Steigröhre in einer geraden senkrechten Linie erhalten werde, oder in einer Donlage, wenn die Sätze eine solche haben. Es ist dies besonders unerläßlich, wenn man hohe Sätze mit hohlen Kolben anwendet, deren Stange sich im Innern der Steigröhre bewegt. Bei dem Einbringen der Sätze in den Schacht muß demnach auf eine genaue Verbindung der Röhren mit einander ganz besonders geachtet werden. Bei sehr hohen Sätzen, welche die Wasser, z. B. 100 oder 150 Meter auf einmal heben, oder wenn die Röhrensäule nicht ganz seiger ist und eine ausgedehnte Entwickelung hat, ist es zweckmäßig, an den Steigröhren einige Compensations-Verbindungen anzubringen, welche zweien an einander liegenden Röhren einen geringen Spielraum gestatten. Diese Verbindungen würden nicht allein die Brüche vermeiden, welche aus Temperatur-Veränderungen entstehen, sondern auch die von einem geringen Setzen der Schachtstöße und der Tragstempel veranlaßten. Diese Compensation besteht darin, daß man zwei auf einander folgende Röhren muffenartig mit

einander verbindet, indem das obere Ende der untern erweitert ist, so daß das untere der obern hineintritt. Man verdichtet alsdann den ringförmigen Raum zwischen der äußern und innern Wand der beiden Röhren durch eine Liderung mit getheertem Hanf, sowie mit einer bleiernen Scheibe, welche mit Hülfe von einem Treibmeißel und von Hammerschlägen hineingebracht wird. Man kann aber auch diejenige Compensation benutzen, welche Herr Junker bei der Steigröhre des Pumpensatzes zu Huelgoat angewendet hat, und deren Einrichtung man bei V V′, Fig. 2, Taf. II. sieht, welche Figur wir weiter oben beschrieben haben.

Kunstsätze in donlägigen Schachten. Nicht sehr selten muß man Kunstsätze in donlägigen Schachten vorrichten; die Steigröhren und die Kolbenröhren werden alsdann auf Tragstempel gesetzt, die ihrerseits auf dem Liegenden des Schachtes ruhen. Die geneigte Lage der Kolbenröhre ist offenbar ungünstig für die Liderung und für die Kolbenröhre selbst, wenn sie ausgebohrt ist, indem aus dem Gewichte des Kolbens eine ungleiche Abnutzung der Leder- und Hanfliderung, der Wände der Kolbenröhre und der Peripherie der Kolben entsteht. Es geben demnach die donlägigen Sätze weit mehr Veranlassung zu Wasserverlusten und zu Reparaturkosten, als die seigern Sätze. Es wird daher in vielen Fällen weit haushälterischer sein, einen Richtschacht zur Wassergewältigung abzuteufen, als schon vorhandene donlägige Schachte dazu zu benutzen.

Einwirkung vitriolischer Grundwasser auf die gußeisernen Röhren. Die Grubenwasser enthalten oft Vitriole, welche von der Zersetzung der Kiese und anderer Schwefelmetalle herrühren, und welche, wenn sie die saure Reaction behalten, das Schmiedeeisen und selbst das Gußeisen stark angreifen. Diese fressende Eigenschaft der Wasser zeigt sich in den meisten Kupfergruben und in vielen Steinkohlengruben. Derjenige Theil der gußeisernen Saugröhren, welcher fortwährend in dem Wasser steht, erleidet darin eine eigenthümliche Zersetzung. Das Eisen wird, dem Anscheine nach, durch eine Art stufenweiser Durchdringung, von der Oberfläche nach dem Innern zu, angegriffen, und nach Verlauf einiger Zeit hat das Gußeisen, welches seine Form erhalten hat, fast seine ganze Festigkeit verloren; es ist in dem Maße weich geworden, daß es sich fast, wie Graphit, mit dem Messer schneiden läßt, ja es hat selbst das Ansehen und die Farbe dieser letztern Substanz angenommen. Bei solchen vitriolischen Wassern ist es daher fast unmöglich, gußeiserne ausgebohrte Kolbenröhren anzuwenden; sie würden sehr bald angegriffen und ausgerieben sein, so daß die Lederliderung der Kolben gar nicht mehr dicht sein würde. Man muß alsdann ausgebohrte Kolbenröhren von Bronze (Legirung von Kupfer und Zinn) anwenden, und da die Lederliderung in den vitriolischen Wassern ihre Geschmeidigkeit verliert, so muß man sie, um sie wasserdicht zu erhalten, sehr häufig auswechseln.

Jedoch dauern die Lederliderungen weit länger, wenn man sie fortwährend geschmiert erhält; dies ist jedoch nur bei massiven Kolben möglich, die sich in einer, an dem einen Ende offenen Kolbenröhre bewegen. So befeuchtet man bei dem Kunstgezeuge zu Huelgoat, Fig. 2, Taf. II., an welchen

der Cylinder unten offen ist, die Wände desselben und den Kolben, indem man sie zuweilen bei dem Aufgange des letztern mit einem fettigen Ballen einreibt, ohne daß deßhalb der Betrieb der Pumpe aufgehalten zu werden brauchte.

Jedoch ist es bei vitriolischen Wassern noch zweckmäßiger, Taucherkolben anzuwenden, welche keine ausgebohrten Kolbenröhren erfordern. Die Kolben bestehen alsdann von Bronze, und da alsdann die Liderung an dem Ende des Cylinders, in welchen der Taucherkolben eintritt, befindlich ist, so kann man den Kolben stets in Schmiere erhalten, so daß er nicht zerstört wird.

Ausfütterung der in Cornwall angewendeten Röhren mit Holz. In den Kupfer- und Zinnbergwerken von Cornwall haben die Kunstsätze allgemein Taucherkolben, Fig. 1, Taf. II., mit Ausnahme des untersten Satzes, welcher die Wasser unmittelbar aus dem Sumpfe des Schachtes ansaugt, und der mit einem hohlen Kolben versehen ist, Fig. 16, Taf. I. Man bringt an diesen Punkt deßhalb einen solchen Satz, um in dem Falle gesichert zu sein, wenn im Schachttiefsten die Wasser so aufgingen, daß sie über dem Ventilkasten des untersten Satzes ständen, wie dieß in Folge von einem Wassereinbruch in eine Grube, von einer bedeutenden Störung der Kunstsätze oder der Maschine, welche sie in Bewegung setzt, der Fall sein kann. Der Satz mit hohlem Kolben hat alsdann den Vorzug, daß, da das Saugventil und der Kolben durch die obere Oeffnung der Steigröhre herausgezogen werden können, man diese Stücke, wenn sie abgenutzt oder schadhaft sind, selbst dann auswechseln kann, wenn der ganze untere Theil des Satzes unter Wasser steht. Alle diese Röhren, mit Einschluß der des Taucherkolbens, bestehen aus Gußeisen, und um sie gegen die ätzende Einwirkung der Wasser zu schützen, füttert man sie inwendig mit Dauben von Fichtenholz aus, die etwa 1,5 Centimeter stark sind. Diese Dauben sind an den inneren Wänden der Röhren an einander gelegt und bleiben durch den gegenseitigen Druck, den sie auf einander ausüben, in ihrer Lage. Wenn diese Ausfütterung eingelegt wird, so legt man Bretter von länglich viereckiger Gestalt, die nach dem Durchmesser der Röhre etwa 5 — 8 Centimeter breit sind, und die gleiche Länge mit der Röhre haben, auf die innere Wand und verkeilt sie einstweilen mit einigen kleinen hölzernen Keilen. Hat man nun Alles bis auf die Breite eines Brettes ausgefüttert, so legt man in diesen Raum zwei Dauben, deren Umriß ein Trapez und kein Rechteck ist, indem sie an dem einen Ende breiter, als an dem andern sind. Beide Bretter werden neben einander, von den beiden entgegengesetzten Enden, in den auszufüllenden leeren Raum eingetrieben; sie bilden einen Keil und bestimmen auf diese Weise die Verdichtung des ganzen Futters.

Vorbereitung der Röhren mit trocknenden Oelen. Herr Junker unterwarf bei der Construction des Kunstgezeuges zu Huelgoat alle Röhren einem dreifachen Druck von demjenigen, welcher der statischen Wasserbelastung entsprach, und den die Röhren, nachdem sie aufgestellt, resp. auszuhalten hatten. Zu dem Ende drückte er mittelst einer hydraulischen Presse Wasser in das Innere der Röhren; die Presse war auf ihrem Ventil

mit dem Gewichte belastet, welches nach dem berechnet war, das sie zu tragen hatte. Die meisten Röhren ließen unter diesem starken Drucke Wasser durch die Poren des Gußeisens dringen; Herr Junker war der Meinung, daß dieß dadurch verhindert werden könne, wenn er eine schleimige Flüssigkeit in die Röhren drücke, und er versuchte zu dem Ende Leinölfirniß, der mit Bleiglätte gekocht war. Nachdem eine Röhre mit diesem Firniß angefüllt worden war, drückte er mit der Presse so lange gewöhnliches Leinöl hinein, bis sich das Ventil hob; es fand durchaus kein Durchsickern des Oels nach Außen statt, und als einige Zeit nachher dieselbe Röhre mit Wasser probirt wurde, drang davon auch nichts mehr durch. Der Firniß war in die Poren des Gußeisens etwas eingedrungen und bildete einen fest anhängenden Ueberzug der Röhren. In Folge dieser Versuche ließ Herr Junker darauf alle Röhren mit Firniß probiren und auf diese Weise ihr Inneres damit überziehen, wodurch sie sämmtlich wasserdicht wurden. Später machte er die Bemerkung, daß eine von den untern Röhren, welche auf diese Weise vorbereitet worden war, nach einem dreijährigen Dienste noch nicht von dem vitriolischen Wasser der Grube zerfressen war. Es scheint demnach, daß diese Vorbereitung die Röhren nicht allein wasserdicht mache, sondern dieselben auch auf längere Zeit, und vielleicht auf immer, gegen den Angriff ätzender Wasser schütze. Die Anwendung dieses Mittels ist weit bequemer, als die Ausfütterung mit Holz, welche in Cornwall gewöhnlich ist.

Eisenstärke der Röhren. Die den Röhren der Kunstsätze zu ertheilende Dicke muß im Verhältniß zu der Belastung des Wassers stehen, die sie während des Betriebes zu tragen haben, und sie muß folglich von ihrem senkrechten Abstande von dem obern Ende der Säule abhängen. Da es aber sehr unbequem und übrigens auch unnütz sein würde, die Eisenstärke einer jeden Röhre verschieden zu machen, so verändert man dieselbe nur auf bedeutendere Höhen, z. B., nach jedesmaligen 10 Metern. Der absolute Widerstand des Gußeisens gegen das Zerreißen ist nach seiner Qualität sehr verschieden und wechselt nach den Angaben verschiedener Versuche, von 1800 bis 3800 Kilogr. auf das Quadratcentimeter. Man muß sich jedoch wohl hüten, sich einer dieser Grenzen zu nähern, besonders bei den Röhren zu Kunstsätzen. Nach der Praxis der Maschinenbauer, rathen wir, den Röhren eine solche Stärke zu geben, daß das Metall in Beziehung zu der Wasserbelastung keiner höhern Spannung, als 40 Kilogramm auf das Quadratmeter Querschnitt, unterworfen wäre. Geht man von diesem Grundsatze aus und man bezeichnet mit d den lichten Durchmesser einer Röhre in Centimetern, mit h die senkrechte Höhe der Oeffnung über dieser Röhre, in Metern ausgedrückt, mit e die Metallstärke in Centimetern, so wird diese Stärke e durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$e = \frac{h \times d}{800}$$

Demnach würde man daher für eine Röhre von 0,30 Meter Durchmesser, die eine senkrechte Belastung von 100 Meter Wasser zu tragen hat, haben:

$h = 100$, $d = 30$ und $e = \frac{3000}{800} = 3{,}75$ Centim.,

bei einer Höhe h von 50 Metern und einem Durchmesser von 30 Centimetern würde $e = 18{,}7$ Centimeter sein.

Probiren der Röhren. Bestimmt man die Gußeisenstärke nach der vorstehenden Regel, so könnte man die Röhren einem Probedruck unterwerfen, welcher der dreifachen Belastung, die sie auszuhalten haben, entspricht. Die Spannung des Metalles bei der Probe beträgt nur 120 Kilogr. auf das Quadratmeter, welches weit unter der Grenze der Spannung steht, die eine übrigens nicht schadhafte Röhre zu ertragen vermag. Dieses Probiren mittelst Druck ist unerläßlich, und man darf es nie vergessen, weil dadurch alle Fehler des Gusses, die bekanntlich sehr häufig sind, zum Vorschein kommen. Man braucht jedoch die Röhren, welche Wasser durch die Poren des Gußeisens sickern lassen, nicht zu verwerfen, indem sie bei dem Gebrauche nach und nach wasserdicht werden, oder weil man sie durch Leinölfirniß, den man mit einer Wasserpresse eindrückt, wasserdicht machen kann. Die Formel $e = \frac{h \times d}{800}$ giebt Metalldicken an, welche bedeutender sind, als es bei selbst großen Wasserbelastungen erforderlich ist; allein sie ist sehr zweckmäßig bei den bedeutenden Höhen, welche man gewöhnlich den Kunstsätzen geben muß. Gußeiserne Röhren, die nur einen sehr geringen Wasserdruck zu tragen haben, kann man doch nicht dünner, als 8 Millimeter machen, indem sonst der Guß derselben Schwierigkeiten hat, und sie zu leicht zerbrechlich sind. Endlich ist es von Wichtigkeit, sich zu überzeugen, daß der Guß der Röhren mit Sorgfalt ausgeführt worden sei, und daß sie eine gleichförmige Metallstärke haben. Zu dem Ende ist es zweckmäßig, dem Förmer vorher das Gewicht und die Dimensionen der Röhren zu bestimmen, und bei erstern eine Abweichung von 5 bis 6 Procent zu gestatten. Man könnte das Gewicht einer jeden Röhre nach ihren Dimensionen bestimmen, indem man das specifische Gewicht des Roheisens zu 7207 Kilogr. annimmt.

Zu Vermeidung zu vieler Fugen ist es von Wichtigkeit, die Röhren nicht zu kurz zu machen; auf der andern Seite gestattet aber die schwierigere Aufstellung langer Röhren nicht, sie länger als 2,50 bis höchstens 3 Meter zu machen.

Blechene Röhren. Neuerlich hat man in den Bergwerken des nördlichen Frankreichs auch angefangen, statt der gußeisernen blechene Röhren zu den Steigröhren der Kunstsätze anzuwenden. Die Benutzung des Blechs würde ohne Zweifel den Vortheil einer Ersparung der Anlagekosten, wegen der weit geringern Metallstärke, veranlassen, auch würden sich solche leichte Röhren sehr leicht aufstellen lassen. Dagegen muß man eine sehr schnelle Zerstörung der Blechröhren durch Oxydation befürchten, wenigstens, wenn man sie innerlich und äußerlich nicht mit einem Firniß oder einer Farbe sorgfältig überzieht, die eben so sorgfältig und häufig erneuert wird. Röhren von galvanisirtem, d. h. von verzinktem Blech, würden weit dauerhafter, als die von einfachem Blech, sein. Das Blech kann ohne den geringsten Nachtheil eine Spannung von 8 Kilogr. auf das Qua=

dratmillimeter Durchschnitt, oder von 800 Kilogr. auf das Quadratcentimeter, tragen. Demnach wird die Stärke des Blechs in Centimetern durch die Formel gegeben:

$$e = \frac{d \times h}{16000}$$

Sie beträgt demnach $\frac{1}{20}$ von der, welche für gußeiserne Röhren angegeben worden ist. Uebrigens könnte sie bei schwachen Belastungen auf 2 oder höchstens 3 Millimeter beschränkt sein, und diese letztere Stärke würde noch für eine Röhre von 0,50 Meter Durchmesser, welche eine Wassersäule von 96 Meter zu tragen hat, hinreichen, indem die Spannung des Bleches nicht mehr als 8 Kilogr. auf das Quadratmillimeter zu tragen hat. Wirklich findet man, indem man in der vorhergehenden Formel d = 50 und h = 96 macht:

$$e = \frac{50 \times 56}{16000} = 0{,}3 \text{ Centimeter.}$$

Uebrigens wird es ganz unnütz sein, blechene Röhren unter einem stärkern Druck zu probiren, als der ist, welchen sie wirklich zu tragen haben. Es ist hinreichend, sich zu überzeugen, ob die Blechtafeln, aus denen die Röhren bestehen, gehörig wasserdicht zusammengesetzt sind, und dazu ist es hinreichend, sie mit dem Drucke der Wassersäule, nachdem sie aufgestellt worden sind, und welche sie wirklich zu tragen haben, zu prüfen.

Die Fig. 1 und 2, Taf. V., stellen die Verbindung zweier Blechröhren vor, welche von dem Ingenieur Herrn Turbert herrührt; um die untere Röhre B und etwas unter ihrem obern Ende bringt man einen eisernen Ring, der aber auch aus hölzernen Dauben c c′, bestehen kann, an; ihn umfaßt das untere Ende eines blechenen Muffs m m′ m m′, der mit der Röhre B durch eine kreisrunde Linie von Nieten verbunden ist, welche zu gleicher Zeit durch den Muff, durch den Ring und durch die Röhren gehen. Der Muff ist etwas höher, als das obere Ende der Röhre, und es bleibt zwischen seiner innern Wand und der äußern der Röhre ein ringförmiger Raum, von gleicher Breite, wie der Ring stark ist. Am Ende der anliegenden Röhre ist ein anderer Muff angenietet, welcher dicht an der äußern Wand liegt, und wenn man die beiden Röhren einander nähert, in den ringförmigen Raum zwischen der untern Röhre und den sie umgebenden Muff tritt. Der leer gebliebene Raum wird darauf mit einem Kitt oder mit getheertem Hanf ausgefüllt, den man fest eindrückt. Auch werden die beiden Röhren noch durch Schraubenbolzen mit einander verbunden, welche durch Lappen oder Winkel, die an die Röhren genietet sind, gehen, wie man aus der Figur ersehen kann.

Blechene Röhren sind wegen ihrer weit größern Leichtigkeit, als die gußeisernen, besonders zu Pumpen bei dem Abteufen der Schachte in losem und wasserreichem Gebirge zu empfehlen, indem man sie weit leichter in Räumen handhaben und unterstützen kann, die noch nicht gehörig verzimmert oder ausgemauert worden sind.

Wandstärke der Ventilkästen. Es sind besonders die ebenen Thüren der Ventilkästen, welche eine bedeutende Dicke haben müssen, so-

wohl wegen ihrer ebenen Gestalt, als wegen des wechselnden Drucks, den sie auszuhalten haben. Die Wände der Kästen, welche die Saugventile enthalten, sind dem Drucke der Atmosphäre von Innen und von Außen unterworfen, während das Wasser in die Kolbenröhre angesogen wird, und sie haben darauf den ganzen Druck der sich in der Steigröhre bewegenden Wassersäule zu tragen, während das Wasser ausgedrückt wird. Außerdem müssen sie auch noch bei'm Schlusse der Ventile Stöße aushalten. Wir rathen demnach, die Ventilkästen einem fünffachen Drucke von dem der Wassersäule, die wirklich über dem Kasten befindlich sein wird, zu unterwerfen.

Aufstellung der Pumpen. Die einen Kunstsatz bildenden Theile werden, mit Hülfe einer über Tage angebrachten Winde, in den Schaft eingehängt und an ihren Platz gebracht, wenn nicht schon in der Nähe der Schachtöffnung eine Förderungsmaschine vorhanden ist, welche man zum Einhängen der Röhren benutzen kann. Es ist jedoch immer zweckmäßig, in der Nähe der Tageöffnung eines Kunstschachtes eine Winde anzubringen, welche nur zum Einhängen der Theile von den Kunstsätzen dient, und welche man alsdann stehen läßt, um sie bei den verschiedenen Reparaturen der Kunstsätze, ihrer Gerüste, sowie der Zimmerung oder Mauerung der Schachte zu benutzen.

Winden. Die einfachste, bequemste Winde ist eine sogenannte Erdwinde, bestehend aus einer senkrechten Welle, mit einem Seile, welches sich um diesen Rundbaum wickelt, geht über 2 Rollen, von denen die eine am untern, aus zwei starken Säulen besteht, welche wie ein abgestumpftes A gegen einander gelegt und oben mittelst eines Querriegels verbunden worden sind. Die beiden Säulen werden nach Erfordern von andern minder starken Säulen unterstützt. Diese Winde steht über dem Schachte, und zwar befindet sich das Seil in gleicher senkrechter Linie mit dem Schachtgestänge. Sie ist mit dem Gerüste verbunden, welches den Rundbaum enthält, und welches hauptsächlich aus einem Schwelle besteht, in welchem die Pfanne für den untern Zapfen des Rundbaums steht, und oben aus einem Balken, an welchem das Lager des obern Zapfens angebracht ist. Beide Stücke sind mit dem Seilrollengerüste verbunden.

Zuweilen sind senkrechte Winden symmetrisch zu beiden Seiten des Hauptgerüstes angebracht, welches alsdann oben zwei Rollen hat, über welche die Seile der beiden Winden gehen. Mittelst einer solchen Doppelwinde kann man bedeutende Lasten in einen Schacht einhängen und auch bedeutende Lasten in demselben handhaben. Die Fig. 3 und 4, Taf. V. stellen zwei Aufrisse, nach zu einander rechtwinkelig stehenden Ebenen, von einer solchen Doppelwinde dar, welche man auf den Schachten des französischen Norddepartements zum Einhängen und Aufstellen der Kunstsätze anwendet. S S sind zwei Schwellen, welche auf der Sohle, oder vielmehr auf dem obersten Theile der Schachtzimmerung oder Schachtmauerung liegen. M M sind gegen einander geneigte Säulen, welche auf den Schwellen S S stehen und durch die Streben a a' gestützt sind. C, Klappe, welche die beiden Säulen oben verbindet. E E, Riegel, die an die Flächen der beiden Säulen, in geringer Entfernung unter der Klappe, durch Schrau-

benbolzen, parallel mit einander verbunden sind. Sie enthalten eine starke eiserne Welle von 0,06 Meter Durchmesser, auf welcher zwei Rollen laufen, deren Kehlen die Säulen von 0,06 Meter Stärke aufnehmen können. Dieser Bolzen ist mit der Kappe C durch einen eisernen Bügel x verbunden, welcher sie zwischen den beiden Rollen faßt, so daß, wenn sich der Bolzen unter der Belastung biegen wollte, er auch von der Kappe getragen wird. T T', die beiden senkrechten Winden; P P, Frictionsrollen, über welche die Seile laufen und zwar das eine nach der Winde T, das andere nach der Winde T'. m m m, Latten, welche an die eine von den Säulen genagelt sind und als Leiter dienen, um den obern Theil der Winde besteigen zu können. y y eiserner Rahmen, der an der Klappe befestigt ist, und dazu dient, die Kolbenstange der Pumpen daran zu legen, wenn man sie aus dem Schachte herauszieht.

Zum Einhängen sehr schwerer Stücke verdoppelt man das Seil durch einen einfachen Flaschenzug. Ein Seilende wird am Gipfel des Gerüstes befestigt, und das Seil läuft um eine bewegliche Rolle, an deren Bügel ein Haken hängt, mit welchem das zu bewegende Stück verbunden wird; das Seil geht alsdann aufwärts und über die Frictionsrolle am obern Ende des Gerüstes, geht längs der geneigten Säulen wieder hinab, über die Frictionsrolle und wickelt sich endlich auf den Rundbaum der Winde auf. Mit einer Winde mit doppeltem Seil, wie die Fig. 3 und 4, Taf. V. ist, könnte man auch einen vierfachen Flaschenzug anwenden und sich nur eines einfachen Seils bedienen, allein man benutzt öfter zwei Winden auf einmal.

Aufstellung von Kunstsätzen, welche durch ein Wasserrad, oder durch eine andere doppeltwirkende Triebkraft bewegt werden. Die vorgehend beschriebenen Einrichtungen beziehen sich auf Kunstsätze, deren Triebkraft eine einfach wirkende ist, und welche nur wirkt, indem sie das Schachtgestänge durch sein eignes Gewicht, oder durch den Ueberschuß desselben über die durch die Kolben ausgedrückten Wassersäulen wieder zurück fällt. Wenn die Triebkraft eine doppeltwirkende ist, wie ein Wasserrad, oder wie eine Dampfmaschine, deren Kolben durch den Dampf so gut aufwärts, als niederwärts getrieben wird, so muß der Widerstand, der von dem Spiele der Pumpen herrührt, fast gleichmäßig auf die beiden Bewegungen, sowohl auf die aufsteigende, als niedergehende, vertheilt werden. Das einfachste Mittel, um dieses Resultat zu erreichen, besteht darin, in dem Schachte zwei Gestänge anzubringen, die so mit der Triebkraft verbunden sind, daß die eine steigt, während die andere fällt, und daß sie sich gegenseitig das Gleichgewicht halten. Wenn übrigens die beiden Schachtgestänge gleichen Kräften bei'm Auf- und bei'm Niedergange unterworfen sind, so wird der Widerstand in den beiden Hälften einer vollständigen Bewegungsperiode der Triebmaschine gleich sein. Wir führen als Beispiel die Aufstellung der Kunstsätze in der Grube Himmelfahrt zu Freiberg an. Einer derselben ist in den Fig. 15 und 16, Taf. II, dargestellt, den wir weiter oben genauer beschrieben haben, und so, wie wir bereits bemerkten, ist die Triebmaschine ein Kunstrad von $20\frac{1}{4}$ Elle Durchmesser. Dieses Rad liegt etwa 42 Lachter unter Tage und $12\frac{1}{2}$ Lachter östlich von dem

Kunstschachte. Die Welle, welche den langen Seiten von dem Querschnitte des Schachtes parallel ist, ist an jedem ihrer Enden mit einem Krummzapfen versehen, deren Warzen einen Kreis von 4 Fuß Durchmesser beschreiben. Die 180 Grad von einander entfernten Krummzapfen bewegen zwei hölzerne Bläuelstangen, welche horizontal auf Trägern in einer Strecke ruhen. Diese Bläuel theilen zwei Kreuzen eine abwechselnde Bewegung mit. Die Schachtgestänge hängen an dem andern Arme der Kreuze, welche um einen rechten Winkel von dem Arme der Bläuel entfernt sind. Beide Schachtgestänge bestehen durchgängig aus Schmiedeeisen und haben einen quadratischen Querschnitt. Die Entfernung der beiden Gestängenlinien von einander beträgt 5 Ellen 2 Zoll in gleicher Vertheilung zu beiden Seiten vom Mittel des Schachtes.

Das Schachtgestänge wird durch die beiden Ortstangen, die einfachen Schachtstangen und die Gabelstangen gebildet, zwischen welchen die Mönchskolben befestigt sind. Die Querschnitte der Schachtstangen stehen wegen des zu leistenden Widerstandes in dem Verhältnisse der zu tragenden Lasten. Es ist daher die Seitenbreite des Gestängequerschnitts:

Vom Kunstkreuz bis zur ersten Gezeugstrecke	$2\frac{1}{3}$	Zoll.
Von erster bis zweiter Gezeugstrecke . .	$2\frac{1}{6}$	=
Von zweiter bis dritter = = . .	$1\frac{7}{8}$	=
Von dritter bis vierter = = . .	$1\frac{6}{10}$	=
Von vierter bis fünfter = = . .	$1\frac{3}{8}$	=
Von fünfter bis sechster = = . .	1	=

Die Seigerteufen dieser so angeordneten Stationen sind:

Vom Stollen bis erster Gezeugstrecke	13,9	Lr.	=	97,7	Fuß.
Von erster bis zweiter = =	23,8	=	=	166,9	=
Von zweiter bis dritter = =	17,8	=	=	124,5	=
Von dritter bis vierter = =	23,3	=	=	156,2	=
Von vierter bis fünfter = =	19,3	=	=	134,6	=
Von fünfter bis sechster = =	19,5	=	=	136,7	=

Die Verbindungen der einzelnen Schachtstangen zu einem Gestänge erfolgen durch Laschenschlösser, indem je zwei zu verbindende Schachtstangen mit ihren Grundflächen c d, Fig. 13 und 14, stumpf an einander gestoßen und zu beiden Seiten mit 1 Elle 17 Zoll langen Laschen g h durch Schrauben e und F verbunden sind, deren jedes Schloß 4 enthält, zwei über und zwei unter dem Schloßmittel c d. Eine weitere Verstärkung der Verbindung wird durch zwei $1\frac{1}{4}$ Zoll hohe Kämme c d bewirkt, welche an beiden Seiten des Endes jeder Stange angesetzt und in die Laschen versenkt sind.

Die Scheeren oder Gabelgestänge bestehen aus den beiden Scheerenstangen m n und dem obern und untern Kuppeldreiecke. Die beiden Enden einer jeden Scheerenstange laufen in eine Scheere o und p aus, in welcher das Kuppeldreieck befestigt ist. Die beiden Kuppeldreiecke, welche ebenfalls aus Schmiedeeisen bestehen, stellen die Verbindung zwischen den Scheerenstangen, dem Mönche und dem Schachtgestänge her. Ihre äußere Form bildet ein gleichschenkliges Dreieck o p b von dem den Schacht- und Scheerenstangen entsprechenden Querschnitts-Verhältnisse.

Jedes dieser Kuppeldreiecke hat rechts und links ein Auge o und p, mittelst dessen es durch Schraubenbolzen r und s zwischen den Wangen der Scheeren an den Scheerenstangen befestigt und so mit letzteren verbunden ist. Das untere Kuppeldreieck dient sowohl zur Befestigung des Mönchs, als auch zur Verbindung des obern Theiles des Schachtgestänges mit dem untern; es ist deßhalb sowohl auf der Mitte seines Steges a, als auch in seiner Spitze b mit einem Auge versehen, und in diesem die Mönchsstange, die ebenfalls in eine Scheere ausläuft, mit dem Kuppeldreiecke durch Schraubenbolzen verbunden. Die Verbindung der Dreiecke mit dem Schachtgestänge ist durch den Hals b d und ein Laschenschloß g h hergestellt.

Ferner sind noch Leitungsvorrichtungen, Fig. 4 und 5, Taf. IV. angebracht, um das Schwanken und Schlottern, so wie um bei etwa vorkommenden Gestängebrüchen das Hinabstürzen des Schachtgestänges durch die Fangböcke zu verhindern. Es sind demnach innerhalb jeder Satzteufe an die Schachtstangen 6 Zoll lange Fangfüße angeschmiedet. Dieselben berühren bei dem niedrigsten Stande des Gestänges die Hölzer C und D, zwischen denen das Gestänge hindurchgeht. Diese Hölzer C und D liegen der Quere nach auf den beiden parallelen Tragstempeln A und B, aus starkem Eichenholz, welche mit Bühnloch und Anfall in die kurzen Schachtstöße eingelassen sind. Diese Tragstempel werden auch noch durch die Streben E und F unterstützt, deren Füße in untern Bühnlöchern stehen. Alle diese Stücke sind endlich durch die Anker mit Muttern G und H verbunden.

Eine weitere, dem Schachtgestänge noch angehörige Vorrichtung sind die Stellschrauben, Fig. 15, Taf. III, zur beliebigen und nothwendigen Verkürzung oder Verlängerung des Gestänges und besonders zum Richtigstellen des Mönchs, die sich in jeder Station, mit Ausnahme der ersten, vorfinden. Sie bestehen jede in einem cylindrischen schmiedeeisernen Körper a b c d, der rechtwinkelig auf seiner Achse geschlitzt ist und so fast die Gestalt eines Kettengliedes annimmt.

Die Unterhaltungskosten dieses Gezeuges endlich betrugen weniger, als die eines gewöhnlichen; der Wirkungsgrad läßt sich auf 0,87 bis 0,90 annehmen (Jahrbuch für den sächs. Berg- und Hüttenmann, 1844, S. 1 — 34.).

Wir wollen hier noch Einiges über hölzerne Pumpengestänge sagen, wobei wir Einrichtungen in den oberschlesischen Bergrevieren im Auge haben.

In Fig 1 und 2, Taf VI. sind zwei Kunststangen-Schlösser dargestellt.

Fig. 2 ist eines der alten, sogenannten Laschenschlösser in einem hölzernen Kunstgestänge von 12 Zoll quadratischer Stärke. Des Schlosses ganze Länge ist hier 7 Fuß, was auch für jene Stärke ausreichend, indem jede der darin verbundenen Stangen auf $3\frac{1}{2}$ Fuß Länge, vermöge doppelter Einkämmung und durch 3 Schraubenbolzen, im Schlosse genügend befestigt erscheint. Bei einer geringern Stärke des Gestänges, und wenn dessen einzelne Theile nicht etwa sehr lang sind, kann die Schloßlänge bis auf 5 und sogar auf 4 Fuß herabgehen.

Immer haben jedoch dergleichen Schlösser das Unangenehme, daß sie den Schachtraum, namentlich recht gewöhnlich den Fahrraum beengen, und sich darum nicht an einer beliebigen Stelle anbringen lassen, was dann bisweilen die Nothwendigkeit sehr langer Holzstücke herbeiführt, die aus starken Balkenstämmen zu hauen, mithin kostspielig, oft auch nur schwierig in den Schacht zu bringen sind. Ueberdem gehört schon ein geschickter Zimmerling dazu, um die Verkammungen mit der erforderlichen Genauigkeit und Sauberkeit herzustellen.

Man giebt darum in beiderlei Hinsicht schon seit einigen Jahren denjenigen Schlössern den Vorzug, wie Fig. 1 ein solches, in einem ebenfalls 12zölligen Kunstgestänge darstellt. Dies besteht aus einer bloßen Aneinanderblattung, und die Verkammung wird durch besonders eingelegte Querhölzchen oder Federn vertreten. Die Blattungen sind ganz leicht passend hergestellt, dann sägt man in der einen die Nuthen für die Federn ein, legt die Stücke auf einander, verzeichnet dieselben Nuthen auf der Gegenfläche, sägt sie auch dort aus, bearbeitet danach die Federn, paßt alles an- und in einander, bohrt die Bolzenlöcher gleich durch beide Stücke, und zieht diese zuletzt mit den Schrauben fest zusammen.

Daß für die Köpfe und Muttern der Schrauben auf beiden Seiten besondere Eisenschienen eingezogen, und noch dazu ins Holz versenkt werden, ist zwar gut, aber nicht unbedingt nothwendig, namentlich dann nicht, wenn man dem Schlosse etwas mehr Länge giebt und wenn man das ganze Gestänge aus Eichenholz verfertigt. Bleiben die Schienen weg, so sind natürlich auch die schon außerhalb des Schlosses liegenden 2 Schrauben unnöthig. Bei Gestängen von weichem Holze ist es jedoch nicht rathsam, jene Schienen zu erübrigen. Zu den Federn wird immer hartes Holz genommen.

Ein dergleichen Stangenschloß kann auf jeder Stolle des Schachtes angebracht werden, denn selbst wenn es zwischen Lager treffen sollte, so läßt sich ein Eingreifen der Schraubenköpfe oder Muttern beim Schlottern des auf- und abschiebenden Gestänges leicht verhindern, wenn man auf diesen Stellen an das Schloß Bretter von angemessener Stärke mit versenkten Stiften annagelt, wobei in den Brettern Löcher für die Schrauben ausgespart werden.

Allerdings büßt man bei solchen Blattschlössern an jeder Schachtstange immer eine Schloßlänge ein, allein da es hier, nach unserer so eben gemachten Bemerkung, weniger darauf ankommt, ob ein oder ein paar Schlösser mehr herzustellen sind, so läßt sich überhaupt kürzeres Holz anwenden, und dieses kommt dann nicht erheblich theurer, als dasjenige, was man bei den erst angeführten Schlössern zu den beiderseitigen Laschen braucht, wonach jene Schlösser im Holzwerk meistens kostspieliger ausfallen. Außerdem ist mehr Arbeit und wegen der größeren Länge der Schraubenbolzen auch mehr Eisengewicht an denselben, falls man nämlich in beiderlei Schlössern für den Schrauben-Angriff Längenschienen giebt.

Demzufolge läßt sich der Vorzug der Blattschlösser gar nicht in Zweifel stellen, und man sollte die Anwendung der Laschenschlösser bloß noch auf diejenige Stelle an einem Kunstgestänge beschränken, wo man doch aus

Gründen, die wir als bekannt ansehen dürfen, ein paar Holzstücke als Fangefrösche anschrauben müßte, welche dann durch die Laschen des Schlosses vertreten werden. Die Fig. 2 hat einen solchen Fall angenommen, weßhalb dort die unteren Kanten der Laschen auch nur ganz wenig verbrochen, und die beiden Fangelager darunter verzeichnet sind.

Noch knüpfen wir an den vorstehenden Artikel hier ein paar Bemerkungen über die Wahl des Holzes zu Kunstgestängen. Im Allgemeinen pflegt man trotz der Kostbarkeit dem Eichenholze den Vorzug zu geben, namentlich bei den stärkeren (8 bis 12 Zoll und darüber starken) Stangen, und ganz besonders, wo es (wie z. B. bei Drucksätzen) darauf ankommt, ein größeres Gewicht zu erhalten, ohne das Volumen zu steigern. Nach einer mehrjährigen Erfahrung glauben wir uns überzeugt zu haben, daß — nur etwa den letzteren Grund ausgenommen — das Eichenholz für Kunst-Gestänge sich durchaus nicht so gut eigene, wie man annimmt. Aber auch selbst wenn es auf ein größeres Gewicht ankommt, läßt sich solches mit geringerem Kosten-Aufwande erlangen, indem man die Plumgers von Drucksätzen so einrichtet, daß man sie mit altem Gußeisen (alten Rosten u. d.) beliebig ausfüllen kann. — Wir haben nämlich mehr als einmal beobachtet, daß sich eichene Gestänge, wenn sie, wie es meistens nicht zu vermeiden, einer ungleichen Benässung ausgesetzt waren, sich bedeutend verzogen, ja selbst ganz windschief wurden. Allerdings wollen wir zugeben, daß der Uebelstand vielleicht auch darin lag, daß das Holz in jenen Stücken nicht ganz vollkommen gerade gewachsen war; allein es hält, wenigstens in den oberschlesischen Wäldern ungemein schwer, tadellose Eichenstämme herauszufinden, und noch schwieriger ist solches bei den Feldeichen, obwohl diese an sich ein weit festeres, dichteres Holz liefern als die Waldeichen. Aus sehr starken Stämmen ein Gestänge zu schneiden, bleibt, abgesehen von der Kostbarkeit, immer eine sehr mißliche Sache, weil da leicht die Fasern vielfach durchschnitten werden.

Das Eichenholz hat aber außerdem noch eine andere, für die hier in Rede stehende Anwendung oft recht unangenehme Eigenschaft: es ist nämlich schon mehrmals beobachtet worden, daß Stücke desselben, wenn sie längere Zeit einer starken Benässung ausgesetzt waren, ein beträchtliches Schwinden zeigen. So wurde z. B. auf Marie-Grube der Plumger einer Druckpumpe in der Art an das Hauptkunstgestänge angeschlossen, daß man in denselben ein Stück Eichenholz hineinpaßte, und den oberen, 6 Fuß vorstehenden Theil dieses Holzes, unter Zwischenlegung eines anderen 5 Fuß langen Stückes Eichenholz, mit 4 Schraubenbolzen, welche durch alle 3 Hölzer hindurchgingen, fest anzog. Eine an sich ungemein haltbare Befestigungsweise, die namentlich bei den weiten und hohen Drucksätzen in Cornwall gebräuchlich ist. Nach weniger als Jahresfrist bemerkte man aber, daß in Folge von Schwinden des Eichenholzes der besagte Plumger nicht mehr fest saß, sondern beim Auf- und Niedergange schlotterte, obwohl derselbe ursprünglich ganz sauber aufgepaßt und das eingebrachte Holzstück vollkommen lufttrocken war.

Auch an vielen anderen eichenen Kunstgestängen hat man Aehnliches wahrgenommen; nicht selten müssen die Schrauben von Bolzen, die durch

dergleichen Hölzer gehen, wiederholt angezogen werden, und schon das Ansehen von Eichenholzstücken, die Jahre lang dem Auffallen von Wassern ausgesetzt waren, läßt bisweilen eine starke Ab- und Ausspülung erkennen.

Nach diesen Thatsachen, welche auf dem Gehalte des Eichenholzes an Gerbestoff und dessen Auswaschung beruhen, sind wir der Ansicht, daß in allen Fällen, wo es nicht etwa auf eine besondere Festigkeit ankommt, man besser thue, sich zu den Kunstgestängen nicht des Eichenholzes zu bedienen, sondern Kiefer- oder Fichtenstämme zu wählen, die in jeder Länge und Stärke, so wie in dem vortrefflichsten Wuchse zu haben sind, und deren Preis kaum ¼ von demjenigen des Eichenholzes beträgt. — Man hat noch nie angestanden, dergleichen Nadelhölzer zu den Senkbäumen der allerstärksten Pumpen zu nehmen, welche doch weit größere Lasten zu tragen haben, als die meisten Kunstgestänge.

Fast eben so alt, als die ersten größeren, mit Einführung der Dampfmaschinen, in Anwendung gekommenen Schachtpumpen sind auch die hiesigen eisernen Pumpengestänge. — Vierseitig mit stark verbrochenen Kanten sind die Stangen bis 15 auch bis 18 Fuß lang, in gewissen Abständen mit starken angeschweißten Ringen oder sogenannten Bunden versehen, und durch Zahnschlösser mit einander (oder mit dem Kolbenschwerte) verbunden. In diesen Schlössern sieht man je nach der Größe eine 2- auch 3malig eingreifende Verzahnung, wobei sich jede Schloß-Hälfte bei gleichbleibender Breite gegen das Ende hin verschwächt, zusammengelegt aber das Ganze eine fast 4seitig prismatische Außenform zeigt. Genau betrachtet ist indessen die Form etwas pyramidal und zwar nach oben verjüngt. Von dort her wird nun eine eiserne Büchse darauf geschoben, und zuletzt scharf aufgetrieben, indem man sich dazu des Setzhammers und Großfäustels bedient. Demnächst wird in ein, über der Büchse, ganz am Ende der Zahnung liegendes, oblonges Loch ein kleiner Doppelsplint vorgesteckt, dessen Enden man auseinander biegt. Das äußerste Ende der obersten Stange besteht gemeiniglich in einer einfachen Oese oder auch einer Doppel-Oese (Gabel), womit das ganze Gestänge an Balancier, Kunstkreuz oder auch an einen Krums durch einen Vorsteckbolzen aufgehängt wird.

Diese Einrichtung haben meistens unsere eisernen Schachtgestänge, und es läßt sich dagegen auch durchaus nichts Wesentliches einwenden.

Wenn sich aber, wie bei so vielen Stücken, welche man aus Schmiedeeisen herstellt, auch bei unseren Gestängen gezeigt hat, daß das Eisen, was man in heutiger Zeit auf den Markt bringt, nicht mehr die Festigkeit des früheren Schmiedeeisens an den Tag legt, so ist dieß doppelt zu beklagen bei Stücken, wie die in Rede stehenden, an deren Haltbarkeit sich oft die Sicherheit der Förderung und der Betrieb anderer wichtiger Werke knüpft. Wenn unsere hier aufgestellte Behauptung eines Beweises bedürfte, so könnten wir anführen, daß thatsächlich früher in Pumpen von gleicher Weite und Höhe die Stangen eine geringere Eisenstärke hatten, als die gegenwärtigen, daß noch jetzt hin und wieder alte Pumpenstangen im Gebrauche stehen, welche man jetzt weit dicker und schwerer annehmen würde, daß eben so thatsächlich vormals weniger Gestängebrüche vorkamen, als heute ꝛc. ꝛc.

Man braucht aber auch nur das alte Eisen mit dem jetzigen in seinem Bruchansehen zu vergleichen, um den großen Unterschied zu bemerken. —

Doch wir wollen ein Thema abbrechen, welches obwohl von großer Wichtigkeit für einen weit ausgedehnten Industriezweig Oberschlesiens, doch hier nicht Gegenstand unserer Betrachtung sein kann, indessen von uns berührt werden mußte, weil darin die Veranlassung lag, auf eine andere Einrichtung der Pumpen-Gestänge zu denken.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß wenn man aus ein und demselben Eisen quadratische Stäbe und flache Schienen herstellt, bei ganz gleicher Section (Querschnittsfläche) ein quadratischer Stab nicht eine so große Last zu tragen vermag als eine flache Schiene, oder mit andern Worten, daß bei einer allmählichen Vermehrung der angehängten Gewichte, der Stab früher zerreißt, als die Schiene. Man kann übrigens den Unterschied auch schon im Querbruche deutlich beobachten, denn während ein quadratischer Stab von einiger Dicke gewöhnlich nur einen körnigen, kaum an einzelnen Stellen etwas faserigen Bruch zeigt, ist in der Schiene das Körnige dem Faserigen untergeordnet, und zwar um so mehr, je dünner im Verhältniß zur Breite die Schiene ist. Diese Beobachtung gab Grund zu dem Wunsche, die Pumpengestänge, statt aus Quadrateisen aus Schienen anzufertigen, und ließ es rathsam erscheinen, den letzteren eine möglichst geringe Eisenstärke, dafür aber desto mehr Breite zu geben. Das Schwierige blieb immer eine einfache und dennoch sichere Verbindung der Stücke, so wie die Nothwendigkeit, dem Ganzen die erforderliche Steifheit zu geben. Beides erlangte man aber in völlig entsprechender Weise dadurch, daß man doppelte Schienen nahm, zwischen diese Holzstangen einbrachte, und das Ganze mit durchgehenden Schraubenbolzen zusammenzog. — Fig. 3 und 4 stellen ein solches Gestänge von beiden Seiten, in $\frac{1}{24}$ der wirklichen Größe, vor, und zwar in derjenigen Stärke, wie es die größten Pumpen erhielten, namentlich der $17\frac{1}{2}$zoll. und $102\frac{1}{2}$ Fuß hohe Satz auf Wilhelmine-Grube, die beiden dergleichen Hubsätze auf dem Winkler-Schacht der Marie-Grube u. a. m. *)

Der erstgedachte Satz hatte früher ein quadratisches Eisen-Gestänge von $2\frac{1}{8}$ Zoll Stärke. Um recht sicher zu gehen, blieb man für beide Schienen bei einer fast gleichen Querschnittsfläche stehen: für jede Schiene waren daher

$$\frac{2\frac{1}{8} \times 2\frac{1}{8}}{2} = 2\frac{33}{128} \text{ oder}$$

rund $2\frac{1}{4}$ □Zoll als Section anzunehmen. Man bestimmte danach bei $3\frac{1}{2}$ Zoll Breite eine Eisenstärke von $\frac{5}{8}$ Zoll, was eine Section von $2\frac{3}{16}$ □Zoll ergiebt. Da die Tragkraft des Holzes hinzutritt: so wäre gewiß

---

*) Bei $17\frac{1}{2}$ Zoll Kolbenrohrweite und $102\frac{1}{2}$ Fuß Höhe der Wassersäule beträgt deren Gewicht (nach der 39. Tafel S. 229 des bergm. Taschenbuches, I. Jahrgang) 11,288 Pfd. oder 102 Centner 68 Pfd. Die Sätze auf Marie-Grube sind ein jeder 92 Fuß hoch, also das Gewicht einer jeden Wassersäule 10,155 Pfd. oder 92 Ctr. 31 Pfd.

eine Breite von $3\frac{1}{4}$ Zoll und eine Stärke von $\frac{1}{2}$ Zoll zureichend gewesen. Man wollte indessen für den ersten Versuch — wie schon gesagt — sicher gehen. An den Stellen der Bolzenlöcher ist die Schiene um die Lochweite breiter, damit hier keine Schwächung stattfinde. Diese Löcher, sowie die Bolzen selbst werden am besten kreisrund hergestellt, mit höchstens $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser. Sie müssen sowohl im Eisen als im Holze fest anschließen, d. h. genau in die Löcher passen. Die Schraubenköpfe sind hier nicht kleiner zu machen als die Muttern. Warum? werden wir hernach anführen.

Das zwischenliegende Holz, aus schwachen, recht gerade gewachsenen Kiefer- oder Fichtenstämmchen gehauen, ist 4 und $3\frac{1}{2}$ Zoll stark, letztere Stärke in Richtung der Schraubenbolzen gemessen. Die einzelnen Stücke (Ausgleichungstheile ausgenommen) sind 20 Fuß lang, wovon 2 Fuß auf die Aneinanderblattungen in den Schlössern abgehen, also jede Stange eine reine Länge von 18 Fußen giebt. Dasselbe gilt von den Schienen, die ebenfalls in den Wechseln 2 Fuß über einander greifen, ihre Wechsel werden aber in die Mitte der Holzstangen gelegt. Die Vereinigung der letzteren besteht in kleinen Blattschlössern mit einer Feder von hartem Holze, wogegen die Enden der Eisenschienen bloß auf einander gelegt, dabei aber die im Wechsel den andern unterliegenden etwas zusammen gebogen und deren Enden ganz ins Holz eingelassen erscheinen. Es ist dies unbedingt besser als wenn man eine Kröpfung anbringen wollte.

Bei einem jeglichen Schienenwechsel sind 3 Schraubenbolzen durchgezogen, und durch ein jedes Blattschloß 2 dergleichen; in allen Zwischentheilen des Gestänges ist eine Entfernung der Bolzen von je 2 Fußen angenommen.

Außerdem, daß das Holz dem Gestänge die nöthige Steifheit giebt, und seine Haltbarkeit sehr wesentlich vermehrt, gewährt es vermöge seiner Elasticität noch den großen Vortheil, daß die Schrauben niemals locker werden, obendrein auch im Holze einrosten. —

Welche außerordentliche Festigkeit ein solches Gestänge besitze, zeigte sich recht klar bei einer Gelegenheit auf Marie-Grube, wo durch ein Versehen beim Ausholen, das Gestänge in den Satz, und sein Kolben in den Ventilkasten geschoben war. Man schloß das Gestänge an eine der Ketten und diese an eine der Senkschrauben an, bei deren Anziehen man nun, weil der Kolben untergegriffen hatte, den ganzen, über 300 Ctr. schweren Satz anhob, ohne daß das besagte Gestänge irgend eine Beschädigung erlitt. In einem anderen Falle auf derselben Grube hielt selbst ein kleineres dergleichen Gestänge eine noch viel größere Gewalt aus, indem sein Kolben sich durch Sand in der Pumpe festgesetzt hatte. Es zogen dort vier starke Männer mit der größten Anstrengung an dem Schlüssel der Senkschraube und dennoch riß das Gestänge nicht.

Ein besonderer Vortheil dieser Gestänge liegt nun weiter in dem Umstande, daß selbst, wenn einmal ein Bruch vorkommen sollte, das Gestänge vermöge Leichtigkeit des Holzes, d. h. wegen dessen geringen specifischen Gewichtes, nie mit solcher Gewalt in den Satz hineinrutscht, wie ein ganz eisernes. Es ist nämlich eine oft gemachte Erfahrung, daß wenn bei einem der

alten Gestänge ein Bruch sich ereignete, der Unfall sich meistens bald darauf ein- auch zweimal wiederholte, weil das Hineinschieben des abgerissenen Gestängetheiles in diesen Beschädigungen veranlaßt hatte, welche man oft bei der größten Genauigkeit der — dann immer nöthigen Durchsicht des ganzen Gestänges nicht aufzufinden vermag.

Endlich verdient nun auch hervorgehoben zu werden, daß ein Schienen-Gestänge weit billiger zu stehen kommt, als ein quadratisches.

Eine ganze Schachtstange der obgedachten stärksten Art wiegt unter Zurechnung eines ganzen Schlosses nebst dessen Büchse, 343 Pfund.

Von Eisenschienen, welche $3\frac{1}{2}$ Zoll breit und $\frac{5}{8}$ Zoll stark, wiegt ein laufender Fuß 7,84 Pfund. Zu 18 laufenden Fuß Gestänge sind an solchen Schienen 40 Fuß erforderlich, mithin 314,8 Pfd., was wir auf 315 runden. Man kauft dazu das Eisen gleich in der angemessenen Breite und Stärke, läßt den Schmied nur die daran nöthige Arbeit machen und einzeln liquidiren.

Wir haben nun noch einem Einwande zu begegnen, welchen man dem neuen Gestänge machen könnte, daß es nämlich einen weit größeren Raum einnimmt, und dadurch den Lauf des aufsteigenden Wassers hemmt, oder dies vielmehr zu einer größeren Geschwindigkeit nöhige. Bleiben wir bei der zuerst angenommenen größeren Stärke stehen, so haben wir in Holz und Eisen zusammen eine Section von $18\frac{3}{8}$ □Zoll, während der Unterschied in der Section der Kolbenröhre von $17\frac{1}{2}$ Zoll Weite gegen die der 18 Zoll weiten Aufsatzröhren allerdings nur 14 □Zoll beträgt. Wir sehen indessen darin keinen Uebelstand, indem das Wasser, was einmal über dem Kolben steht, sich, wenn das Röhren-Kaliber dasselbe bleibt, immer nur mit der Kolbengeschwindigkeit bewegen kann, wogegen allerdings beim Niedergehen des Gestänges ein Aufsteigen von Wasser eintreten, und dies um so beträchtlicher sein muß, je mehr Raum das Gestänge einnimmt. Ganz ohne Kraftverlust ist solches freilich nicht, weil dadurch ein gewisser Theil von dem Gewichte des Gestänges absorbirt wird, um den es also schwerer sein muß, als sonst erforderlich gewesen wäre, und dieß sein Mehrgewicht will bei jedem Kolben-Aufgange stets mit gehoben sein. Allein innerhalb derjenigen Grenzen, welche hier vor uns liegen, halten wir diesen Kraftverlust für zu unbedeutend, um eine Berücksichtigung zu verdienen. Ja wir glauben darin auch noch weiter gehen zu können, wenn wir jene Gestänge sogar bis zu dem Kolben, also selbst in die engere Kolbenröhre hineingehen lassen. Denn wir sind der Ansicht, daß, weil das Wasser beim Niedergehen des Gestänges ohnehin in seinem Durchgange durch die immer weit engeren Kolbenklappen eine größere Geschwindigkeit annehmen muß, es nichts auf sich habe, wenn seine einmal angenommene Bewegung sich — mit obendrein sehr abnehmender Geschwindigkeit — noch etwas weiter durch die Kolbenröhre fortsetzt, daß mithin deßwegen keine weitere Ueberlast des Gestänges in Anspruch genommen werde, als ohnehin schon zum Durchdrängen des Wassers durch den Kolben nothwendig bleibt.

Aus der Abbildung ist zu entnehmen, wie man das Kolbenschwert mit dem Gestänge verbindet, und dabei aus den oben angezeigten Gründen auch

die Einrichtung festhielt, daß man hier niemals zwei Eisentheile mit Schraubenbolzen verbinde, ohne Holz dazwischen zu geben. In ganz ähnlicher Art wird nun auch an dem oberen Ende des Gestänges die Oese zu dessen Aufhängung angebracht, und mit 3 oder auch 4 durchgehenden Schraubenbolzen befestigt.

Soll dagegen — wie es bei manchen Krumsen vorkommt — das Gestänge an einer Oese aufgehängt, und darum an seinem oberen Ende mit einer sogenannten Gabel versehen werden, so läßt sich diese am besten in der Art herstellen, daß das Ende einer jeden Schiene des Gestänges in eine Oese ausgeschmiedet und, wie sich wohl von selbst versteht, hier auch angemessen verstärkt wird. Das dazwischen liegende Holz kann dann bis an das Hängeeisen reichen, und einige Zoll darunter wird der letzte (oberste) Schraubenbolzen durchgezogen.

Wenn die alten Gestänge beim Herausholen immer unter einem Bunde mit einem eigends dazu geformten Seil-Haken gefaßt wurden; so hat man für die neuen Gestänge einen ähnlichen Doppelhaken, dessen beide Klauen natürlich einen größeren Zwischenraum haben, an ihren Enden aber ebenfalls aufwärts gekröpft, oder — was noch besser — in 2 Oehren endigen, durch welche man einen Bolzen ziehen, und so das Gestänge ganz sicher befestigen kann. Der Haken greift dasselbe immer unter Kopf und Mutter eines Schraubenbolzens, weßhalb auch diesen beiderlei Stücken hier immer einerlei Größe zu geben ist, damit sie zugleich vom Haken gefaßt werden können.

Bei einem Senksatze muß man nicht nur ganze Stangen, sondern auch halbe und Viertelstangen, und eben dergleichen Schienenpaare anfertigen lassen, um das Gestänge nach der Erhöhung des Satzes angemessen zu verlängern. Es ist schon mehr als einmal mit solchen Gestängen abgeteuft worden, ohne daß sich dabei irgend eine Schwierigkeit ergeben hätte, und zwar um so weniger, als das Senken gewöhnlich nur die unteren Pumpen betrifft, aus denen man beim Kolbenlidern ꝛc. das Gestänge meistens im Ganzen herauszuholen im Stande ist.

In manchen besonderen Fällen läßt sich allerdings ein ganz eisernes Gestänge nicht erübrigen, wie z. B. da wo dasselbe durch eine Stopfbüchse gehen, mithin hier rund abgedreht sein muß; indessen kann man dann wenigstens oberhalb der Stopfbüchse ein Schienen-Gestänge anwenden, insofern man nicht etwa hier ein bloß von Holz hergestelltes vorzieht.

Wie bei Pumpen von geringerer Weite, auch wohl minderer Höhe *) also bei einer geringeren Belastung des Schienen-Gestänges, dieses in seiner Eisen- und Holzstärke, gegen das hier beschriebene, angemessen zu reduciren sei; dürfen wir der Beurtheilung unserer geehrten Leser überlassen und schließen mit der Bemerkung, daß bei herabgehender Stärke des Gestänges das Holzwerk verhältnißmäßig weniger zu reduciren und bei den Schienen stets lieber die Dicke als deren Breite zu vermindern ist, damit weder das Holz

*) Es läßt sich das Gewicht der Wassersäule leicht finden, wenn man die der Pumpenhöhe entsprechende Zahl mit der Kolbenröhren-Section, in Quadratzollen ausgedrückt, multiplicirt.

noch das Eisen durch die Schraubenbolzenlöcher eine bedenkliche Schwächung erleide. Natürlich wird man aber, wenn schon das Holz allein mehr Festigkeit darbietet, mit der Eisenstärke weiter zurückgehen können.

Aufstellung von Pumpen in den im Absinken begriffenen Schachten. In den im Abteufen begriffenen Schachten können die Kunstsätze nicht immer fest auf die Tragstempel gestellt werden. Wenn das Gestein, aus dem die Schachtstöße bestehen, nicht fest ist, so muß man die Kunstsätze an Stempeln aufhängen, die am Tage quer über die Schachtöffnungen gelegt worden sind. Uebrigens muß man sich immer die Mittel sichern, um die Sätze tiefer niederbringen zu können, in dem Maße, als das Abteufen der Schachte stattfindet. Man muß unter diesen Umständen stets den Pumpen mit hohlen Kolben den Vorzug geben, indem sie weniger Platz in den Schachten einnehmen und auch leichter aufzustellen sind. Wenn die Wasser sehr schlammig oder sandig sind, so kann man die Härzer Kolben, Fig. 11, 12 und 13, Taf. I. anwenden. Die Kolbenröhren sind von Gußeisen oder von Holz und mit Kupferblech ausgefuttert. Die Steigeröhren bestehen aus Holz oder besser noch aus Blech, indem dasselbe leichter ist. Die Saugröhren bestehen auch größtentheils aus Holz, und es ist sehr zweckmäßig für die Saugventile, eine ähnliche Einrichtung anzubringen, als die in ähnlichen Fällen in Frankreich angewendete, welche wir in den Fig. 9 — 15, Taf. I. dargestellt und weiter oben beschrieben haben.

Vorrichtungen bei'm Absinken der Schachte in dem schwimmenden Kreidegebirge des nördlichen Frankreichs. Die Fig. 5, 6 und 7, Taf. V. stellen die allgemeine Einrichtung der Kunstsätze dar, welche bei'm Schachtabteufen in dem schwimmenden Kreidegebirge angewendet werden, welches das Hängende des Steinkohlengebirges in dem französischen Norddepartement bildet. Bekanntlich ist der Wasserzufluß dort außerordentlich stark, und die Schachte werden nach und nach bei'm Absinken mit einer hölzernen Cuvellirung versehen. Wir wollen annehmen, daß die oberen Teufen eines Schachtes bereits cuvellirt seien, und daß die Wasser durch zwei über einander liegende Kunstsätze zu Sumpfe gehalten werden. Der obere Satz saugt das Wasser aus einem Kasten an, der auf Tragstempeln steht, die in die bereits fertige Cuvellirung eingelassen sind; dieser Satz gießt die Wasser zu Tage aus. Der untere Satz dagegen saugt die Wasser aus dem Schachttiefsten an und gießt sie in den Kasten aus. Die Fig. 5, 6 und 7, Taf. V. stellen den cuvellirten Theil des Schachtes und den Kasten dar. Der letztere nimmt 4 Seiten von der zehneckigen Cuvellirung ein. Das zehneckige Gerüst, auf welchem der Boden des Kastens steht, ruht auf 3 oder 4 Picotage- und Keiljöchern, und das Gerüst ist selbst verkeilt, d. h., an seinem äußern Umfange mit dem Gebirge wasserdicht verbunden. Die Stücke, aus denen es besteht, sind 0,16 Meter stark und 0,35 Meter hoch. Die 4 Stücken, auf denen der Kasten ruht, sind auf 0,04 Meter Tiefe und 0,25 Meter Höhe eingelassen. Diese Bühnlöcher nehmen die Enden von drei Stempeln auf, welche, wie Fig. 6 zeigt, dicht an einander liegen, und auf denen der Boden des Kastens ruht. Derselbe ist vorn mittelst einer senkrechten Wand, Fig. 5 und 7, geschlossen, welche aus über einander

stehenden Bohlen besteht, deren Enden in die Cuvellirung eingelassen sind. Außerdem nagelt man an die letztere zwei senkrechte Latten von 0,04 Stärke und 0,08 Meter Breite, vor den Enden der Vorderwand des Kastens. Eben so nagelt man auch an die 4 Picotagejöcher unter dem Kasten mehrere senkrechte Holzstücke von 1 Meter Länge, 0,08 Meter Breite und 0,04 Meter Dicke, a a a ꝛc., Fig. V. Endlich befestigt man den Kasten auch noch dadurch, daß man etwa 1,50 Meter unter seinem Boden in ein Picotagejoch einen Tragstempel T, Fig. 5 und 7, einläßt, auf dem man zwei Streben j j stellt, die in einer senkrechten Ebene gegen einander geneigt stehen und zur Stütze des Tragstempels V dienen, auf denen der Kasten vorn ruht. Die Streben sind an dem Dreiecke p befestigt, welches seinerseits mit dem Tragstempel V verbunden ist.

Der auf diese Weise festgestellte und 20 — 30 Meter unter Tage befindliche Kasten nimmt die Wasser auf, die der unterste Satz in ihn ausgießt. Es besteht ferner in demselben die Saugröhre eines zweiten Satzes, der gewöhnlich unmittelbar auf einem hölzernen Kreuze ruht, so daß die Sauglöcher über der Schlammschicht stehen, die sich gewöhnlich auf dem Boden des Kastens absetzt. Diese Saugröhren bestehen gewöhnlich aus Gußeisen. Die Fig. 8, Taf. V. ist ein Grundriß von der allgemeinen Einrichtung zweier Kunstsätze in einem im Absinken begriffenen Schacht, nachdem der Kasten in einer Teufe von 20 bis 30 Meter vorgerichtet worden ist. A ist der Querschnitt eines hölzernen Schachtgestänges, der an dem Balancier einer Dampfmaschine aufgehängt worden ist. C C C sind die Grundrisse der Steigröhren von 3 Kunstsätzen, welche das Wasser in dem Kasten ansaugen. Die Kolbenstangen dieser Sätze bestehen aus Holz und bewegen sich in den Achsen dieser Steigröhren. Mit ihren oberen Enden sind sie durch Arme mit dem Schachtgestänge A verbunden. Die punktirten Linien zeigen die Achsen dieser Arme im Grundrisse. Die Steigröhren bestehen gewöhnlich aus hölzernen Dauben, welche mit eisernen Bändern zusammengehalten werden. Sie haben eine etwas conische Form und ihre Enden treten in einander ein, wie die Fig. 10, 11 und 12, Taf. V. zeigen. Das oberste Stück der Steigröhre ist mit einem Ausgußrohre versehen, wie die Fig. 13, 14 und 15 zeigen. Sehr zweckmäßig werden, wie wir schon bemerkt haben, diese hölzernen Röhren durch eisenblechene, Fig. 1 und 2, Taf. V. ersetzt. In allen Fällen steht die Steigröhre unmittelbar über der Kolbenröhre, in welcher der mit Klappenventilen versehene und am Ende der Kolbenstange befestigte Kolben spielt. An dem untern Ende der Steigröhre bringt man einen Spund oder einen Hahn an, durch welchen man das darin befindliche Wasser ablassen kann, wenn es erforderlich ist, den Kolben durch das obere Ende der Röhre herauszuziehen. Da die Sätze C C C eine bleibende Stellung in dem Schachte haben, so ruhen sie auf Tragstempeln, die in den Jöchern der wasserdichten Verzimmerung angebracht worden sind. Sie liegen in einer senkrechten Ebene zwischen dem Schachtgestänge A und den Sätzen C C C und zwar auf Trägern, welche an den Jöchern festgenagelt sind. Auf diesen Stempeln liegen Querhölzer, deren anderes Ende ebenfalls auf Trägern an den Jöchern aufliegt, und durch welche die feste

Stellung der Kunstsätze noch mehr gesichert wird. Auch dienen die Tragstempel zur Leitung des Schachtgestänges. Gewöhnlich sind bei den im Norddepartement abzusinkenden Schachten zwei von den Sätzen C C zur Wasserhaltung hinreichend, und der dritte ist gewöhnlich nur ein Reservesatz, den man nur bei zufälligen Ereignissen anwendet.

Die unteren Sätze, welche die Wasser auf der Sohle der abzusinkenden Schachte aufnehmen, können nicht auf Tragstempel gestellt werden, welche in den Schachtstößen eingelassen sind, indem dieselben dort noch keinen festen Ausbau erlangt haben. Auch müssen diese Sätze in dem Maße tiefer in den Schacht herabgelassen werden, als dessen Abteufung vorschreitet. Aus diesem Grunde werden sie an einem starken Stücke Holz aufgehängt, welches über die Schachtöffnung gelegt worden ist. Die Fig. 8 ist ein senkrechter Durchschnitt dieses Tragstempels S S an der Schachtöffnung. Das Aufhängen der Sätze findet auf die folgende Weise statt: der Stempel ist mit den Löchern a a, ... versehen, welche sich nach unten erweitern, und durch welche die langen, mit Schraubengewinden versehenen Bolzen V, Fig. 16 gehen, welche unten in einen Ring O auslaufen, in den einer von den Haken c c einer Eisenstange T, Fig. 17, gehängt wird. Ueber den Löchern a a a ist die obere Fläche des Stempels mit gußeisernen Platten versehen, welche ebenfalls a entsprechende Löcher haben; die untere Fläche dieser Platten ist eben, die obere concav. Eine jede von diesen Platten ist auf dem Stempel durch 4 Schrauben befestigt; die Enden der Schraubenbolzen V gehen durch Schraubenmuttern E von Schmiedeeisen, welche über dem Stempel angebracht sind. Diese Muttern sind unten convex, treten in die Vertiefungen der Platten und haben 6 Flächen. Dreht man nun diese Muttern mittelst eines Schlüssels, so bewegen sich die Bolzen V auf- oder abwärts, da sie sich nicht um sich selbst drehen können. Die Fig. 9 stellt den Bolzen, die Platte und die Mutter dar. Das obere, über der Mutter hervorragende Ende des Schraubenbolzens ist unter andern mit einem runden Loche versehen, in welches man einen Bügel oder einen Haken hängen kann, welcher am Ende des Windenseils befestigt ist, wenn man den ganzen Satz auf einmal heben will. Die Kolbenstangen der untern Sätze sind an dem Schachtgestänge, wie die der obern Sätze, an Armen aufgehängt. Die Saugröhren ruhen gewöhnlich auf der Sohle des Schachtes; unten sind sie mittelst einer gußeisernen Scheibe verschlossen. Das Wasser tritt daher nicht von unten ein, sondern durch Oeffnungen an der Seite, welche in einer Höhe von 0,04 bis 0,37 Meter über dem untern Ende der Saugröhre angebracht worden sind. Jeder von den untern Kunstsätzen hängt mittelst zweier Schraubenbolzen und mittelst einer Reihe von eisernen oder hölzernen, mit eisernen Beschlägen versehenen Stangen, welche bis zu dem Kolbenrohre niedergehen, an dem obern Stempel. Die Kolbenröhre besteht aus Gußeisen und hat an der Außenseite Erhöhungen oder Kränze, unter welche ein eiserner Ring, Fig. 18 und 19, greift. Derselbe besteht aus zwei halben Kreisen, welche durch Bolzen mit einander verbunden und mit eisernen Haken versehen sind, in welche die Haken der oben erwähnten Stangen greifen und auf diese Weise den ganzen Kunstsatz tragen. Die Steigeröhren sind von Distanz zu Di-

stanz durch Seile mit den Stangen verbunden. Mittelst der Schraubenbolzen und der Muttern senkt man die unteren Sätze in dem Maße, als das Abteufen der Schachte vorschreitet, und zwar so, daß das untere Ende der Saugröhren stets auf die Schachtsohle auftritt. Die Steigröhren macht man dadurch höher, daß man ein Röhrenende unmittelbar unter demjenigen hinzufügt, welches mit dem Ausguß versehen ist.

Den Saugröhren der untern Sätze giebt man eine Länge von 4 bis 5 Meter oder selbst mehr, damit die Ventilkästen hoch genug über dem Schachttiefsten stehen, um Zeit genug zu haben, um, wenn Saugventil oder Kolben in Unordnung gerathen, oder schadhaft geworden sind, den Ventilkasten zu öffnen und die fraglichen Stücke entweder wieder in Ordnung zu bringen, oder auszuwechseln, ehe die Wasser in dem Schacht so weit aufgehen. Dennoch ist es zweckmäßig, bei vielen Wassern mit Bügeln versehene Ventile zu haben, so daß man sie mittelst des Seils von der Winde aus der obern Oeffnung des Satzes herausziehen kann, wie Fig. 16, Taf. I. zeigt.

Wir wollen hier noch einige Bemerkungen über die Schrauben-Senkzeuge für Schachtpumpen machen, so wie sie bei dem häufig sehr schwierigen Schachtabsinken in dem oberschlesischen Bergreviere angewendet werden, und welche Herr Oberbergrath von Carnall beschreibt.

Wo man einen Kunstschacht mittelst der Dampfmaschine selbst abzuteufen hat, wo also die Pumpen nicht wie sonst von unten herauf eingebaut werden können, sondern allmählich dem Abteufen nachfolgen müssen, sieht man sich in der Nothwendigkeit, große Lasten zu bewegen. So lange das Gewicht einer solchen Pumpe innerhalb gewisser Grenzen bleibt, langen dazu die gewöhnlichen Winden (Kabeln) aus, besonders wenn man Flaschenzüge zu Hülfe nimmt. Auch sind kleine Pumpen sogar zwischen halbkreisförmig eingeschnittenen Bremshölzern, die mit Schrauben zusammen gezogen werden, ziemlich sicher niederzulassen, wenn man mindestens 2 dergleichen Bremsen auf festen Hauptlagern im Schachte anbringen kann.

Bei den größeren Pumpen dagegen, welche bereits bis auf 20 Zoll lichte Weite gekommen sind, und gemeiniglich, um sie zu senken, in Senkbäume gehängt werden müssen, wo also noch das Gewicht von diesen mit allem Zubehör der Last zutritt, ist es nicht rathsam, sich auf bloße Winden und deren Seile, oder auf Flaschenzüge zu verlassen; am allerwenigsten aber auf jene Hülfsseile und Hülfswinden, deren Anwendung schon einigemal in den oberschlesischen Revieren beklagenswerthe Unglücksfälle zur Folge hatte. Man mag dabei noch so vorsichtig sein, immer bleibt es schwierig, wenn eine Last an mehr als einem Seile hängt, die Seile gleich straff anzuziehen; geschieht solches aber nicht und es tritt irgend ein Stoß oder Ruck ein: so muß natürlich das eine Seil reißen, während die Last mit doppelt und mehrfacher Gewalt an dem anderen zieht, somit aber auf die Wellen und Hebel der Winden auf eine für die dabei angestellten Arbeiter höchst gefährliche Weise zurücktritt. Ueberdem kann das Hineingehen der Last unberechenbaren Schaden herbeiführen.

Früher senkte man alle zwischen Senkbäumen hängenden Pumpen in nachfolgender Weise:

Wie man aus Fig. 5 und 6 entnehmen wolle, hängen die Stücke einer solchen Pumpe zunächst in den Kranzhölzern und Umfassungslagern, welche letztere mit langen, durchgehenden Schraubenbolzen an den Senkbäumen befestiget, dabei auch in diese etwas eingelassen sind. Damit das Ganze nicht aus seiner — senkrechten — Stellung kommen kann, bewegen sich die Senkbäume in, 2 bis 2½ Zoll tiefen Einschnitten in den einander zugekehrten Seiten eines jeden Paares von Hauptlagern. Zur Unterstützung eines solchen Senksatzes dienten nun bei einem solchen Lagerpaare immer 4 starke Bolzen (Stempel), die mit ihren oberen Enden oder Köpfen unter die betreffenden, d. h. die nächst darüber befindlichen Umfassungslager griffen, während sie mit den unteren Enden oder Füßen auf den Hauptlagern standen. Nach dem jedesmaligen Stande des Satzes gegen die verschiedenen Hauptlager wechselte natürlich die Länge dieser Bolzen. Letztere aber hatten keine seigere Stellung, sondern eine schräge, so daß sich die Köpfe in den Winkeln zwischen den Umfassungslagern und Senkbäumen, die Füße dagegen auf den Hauptlagern ganz dicht an dem Schachtstoße befanden, und hier durch die zunächst über den Hauptlagern liegenden Jöcher, oder auch durch ein besonderes zwischengeschobenes Stück Holz an einem Ausweichen verhindert wurden. Dieselbe Art der Unterstützung brachte man über dem nächsten, und bei großer Last auch noch über einem dritten Hauptlagerpaare an. Durchschnitt der Satz bei größerer Länge noch mehr solcher Lager, so übersprang man das eine oder andere, am gewöhnlichsten diejenigen, wo die Bolzen zufällig am längsten hätten sein müssen. Sollte nun gesenkt, d. h. nach völliger Ausziehung des Schläuchers, der Satz niedergelassen werden, um oben eine halbe Röhre (von 4½ Fuß Länge) aufzubringen, oder auch eine bereits aufgesetzte halbe Röhre gegen eine ganze Röhre auszutauschen; so wurde, wie sich von selbst versteht, zunächst der Drückungs-Ring am Schläucher aufgeschraubt, auch wohl der Schläucher am Degenrohre hinaufgezogen *). Das Senken selbst geschah nun dadurch, daß man erst über einem, und dann über dem nächstfolgenden Hauptlagerpaare, von allen 4 Bolzen, an deren Füßen, ein kurzes Stück mit der Axt abhieb. Während solches an einer Stelle durch 2 der Arbeiter erfolgte, waren 2 andere Leute, über einem Lagerpaare, wo die Bolzen schon früher weggenommen, angestellt, um 4 vorgerichtete Bolzen so zu halten, daß sich der Satz mit den betreffenden Umfassungshölzern darauf festsetzen konnte. Dann wurden auf ersterem Punkte die Bolzen ganz herausgehauen, und an der unteren Stelle das stückweise Abhauen vorgenommen, während oben das Abstangen stattfand. So wechselte nun das Abhauen und Unterstellen von Bolzen auf den verschiedenen Lagerpunkten ab, bis der Senksatz um die nöthigen 4½ Fuß hinabgebracht

---

*) Daß dies geschieht, ist zwar nicht immer nothwendig, auch nicht immer ausführbar; jedoch stets rathsam, weil man bei einem etwaigen Abschieben des Satzes der Schläucher dann weniger der Gefahr einer Zerquetschung ausgesetzt ist, namentlich wenn man darauf hält, daß bei völliger Einziehung des Schläuchers, gegen dessen unteren Kranz die Enden der Senkbäume noch einige Zoll tiefer reichen, der Satz also mit diesen und nicht mit dem Schläucherkranze auf die Schachtsohle aufsetzen kann.

war. Ob wohl die ganze Arbeit hier nur ihrem Wesen nach angedeutet worden ist, so dürfte doch auch Derjenige, welcher sie nicht gesehen, daraus entnehmen können, daß sie einestheils umständlich, andererseits aber auch immer nicht ohne Gefahr für den Satz war, und wenn sich dabei nicht noch häufiger Unfälle ereigneten: so liegt dies nur in dem Umstande, daß die Leute an sich anstellig und in Uebung waren, so wie daß, je gefährlicher eine Arbeit ist, die Aufmerksamkeit um desto geschärfter zu bleiben pflegt. Es fehlt jedoch nicht an Beispielen von Unfällen, namentlich aber ist es einigemal vorgekommen, daß das Abhauen der Bolzen übereilt, und der Satz nicht rasch oder nicht sicher genug abgefangen wurde, in den Schacht ging und das Saugwerk (Schläucher und Degen) zerdrückte.

Wenn aber auch ein solches Senken nicht mit Uebelständen und Gefahren verbunden wäre, so ist man immer in der Nothwendigkeit, auf einem dergleichen Schachte ein starkes, kräftiges Hebezeug zur Disposition zu haben; denn es bleibt fast nie aus, daß man einen Senksatz wieder ganz oder wenigstens theilweise anzuheben hat. Indem es hierbei nicht darauf ankommt, da eine solche Bewegung sehr langsam erfolgt, wohl aber daß man dabei mit wenigen Händen auslange: so war es natürlich, an eine Anwendung von Schrauben zu denken.

Schon früher hatte man auf der Friedrichs-Grube eine Art Senkzeug, worin man sich außer der Schraube auch noch des Keiles bediente, in dem keilförmige Eisenstücke sich unter gußeisernen, an die Senkbäume befestigten, Backenstücken, mittelst Schrauben zurück- oder vorschieben ließen, und so das Sinken oder Anheben des Pumpensatzes bewirkten. Allein die ganze Vorrichtung war theils zu complicirt, theils ging die Arbeit damit allzu langsam von Statten, weßhalb man eine fernere Anwendung schon lange aufgegeben hat.

Als auf dem Nordschachte der Marie-Galmei-Grube ein starker Pumpensatz abzusenken war, fielen Herrn v. Carnall die vierzölligen gußeisernen, mit eben dergleichen Muttern versehenen Schrauben ein, deren man sich auf Friedrichs-Grube zum Aufzuge einer Schleusenschütze in der tiefsten Radestrecke bedient hatte. Die Gewinde derselben waren etwas über 3 Fuß lang, und am anderen Ende hatten die Schrauben eine runde Oese. Man nahm sie nach Marie-Grube, richtete dort 2 starke Balken vor, versah diese mit je einem reichlich 4zölligen Loche, legte Stoßscheiben darauf, steckte die Schrauben mit nach unten gekehrten Oesen hindurch und setzte die Muttern darauf. Jene Balken brachte man so nun über den Nordschacht, daß die Lothpunkte der Schrauben zwischen den Senkbäumen und den Pumpenröhren lagen, verband die Schraubenösen durch starke Seile mit den nächsten (obersten) Umfassungslagern und hatte es nun in seiner Gewalt, den Senksatz durch Umdrehung der Schraubenmuttern auf- oder abwärts zu bewegen.

Dabei ergaben sich indessen folgende Uebelstände:

Beim Anheben dehnten sich natürlich die Seile erst bedeutend aus, ehe die Last folgte. Wenn nun die Unterstützungen unter dem Satze hinweggenommen waren, und man diesen niederließ, blieb dazu nur ein Theil der

Schraubengewinde übrig. Dem zufolge mußte man den Satz erst wieder abfangen, die Seile lösen und aufs Neue an die Schrauben schlingen, und solches mindestens drei Mal wiederholen, ehe man die Pumpe so weit abgesenkt hatte, um eine halbe Aufsatzröhre aufzubringen. Das Längen der Seile war aber hier um so beträchtlicher, als die besagte Pumpe nicht zu Tage reichte, sondern auf einem Stollen ausgoß, der etwas über 10 Lachter Seigerteufe unter der Hängebank einbrachte, und vermehrte sich noch, als die Länge, mithin auch das Gewicht des Satzes stieg. Es war dann zu einem einzigen Senken sogar ein viermaliges An- und Abschlagen der Seile nothwendig. Immerhin hatte sich dennoch die Sache im Vergleich zum Bolzensenken vortheilhaft gezeigt. Die beregten Uebelstände lagen aber lediglich in einer unzureichenden Länge jener Schrauben und in der Befestigung des Satzes an dieselben durch Seile. Beide ließen sich ohne Schwierigkeiten beseitigen, nachdem sich durch jenen Versuch nur erst festgestellt hatte, daß die Schrauben-Anwendung an sich dem Zwecke einer leichten und sichern Bewegung von Senksätzen vollkommen entspreche. Daß die Schrauben eine starke Abnutzung bemerken ließen, lag zwar einerseits darin, daß Mutter- und Vatergewinde beide von Gußeisen hergestellt, andererseits dieselben aber auch nur ganz roh angefertigt waren, so wie der Guß sie gab, ohne alle Ab- oder Ausdrehung. Für ihren ursprünglichen Zweck brauchte man sie freilich nicht anders.

Besser erschien es, die Schrauben aus Schmiedeeisen anzufertigen, zu den Muttern das Gußeisen beizubehalten, beiderlei Stücke aber ganz sauber auf der Drehbank herstellen zu lassen, ferner den Gewinden diejenige Länge zu geben, welche zum Anheben des Satzes und dessen Absenkung bis zur Länge einer halben Röhre nothwendig, die Verbindung zwischen dem Satze und den Schrauben aber durch starke Ketten zu bilden.

Als nun auf Marie-Grube im Jahre 1840 der neue Hauptmaschinenschacht (Winkler-Schacht) unter die, dort $8\frac{4}{8}$ Lachter tief unter der Hängebank eingekommene, Stollensohle abgeteuft und dieß mit einem Senksatze (von $17\frac{1}{2}$ Zoll Kolbenröhren-Durchmesser) ausgeführt werden sollte, erklärte sich die dortige Gewerkschaft bereit, ein Schraubensenkzeug der so eben gedachten Art anzuschaffen. Der besagte Satz ist damit bis zu einer Teufe von 92 Fußen abgesenkt worden, und die ganze Einrichtung hat sich dabei so vortrefflich bewährt, daß ihre Anwendung für alle ähnlichen Fälle empfohlen zu werden verdient.

Indem wir dieselbe durch Fig. 5 und 6 im Grund- und Aufriß, nebst einem Theile des Schachtes und Senksatzes in $\frac{1}{48}$ der wirklichen Größe, anschaulich zu machen suchen, liefern wir dazu die nachfolgende Beschreibung.

Die Schrauben sind geschmiedet und auf der Drehbank angeschnitten. Die ganze Länge derselben beträgt 7 Fuß, wovon $5\frac{1}{2}$ Fuß auf das Gewinde kommen. Dies ist ein sogenanntes flachgängiges. Der größte Durchmesser beträgt dabei $\frac{15}{16}$ Zoll und der kleinere $3\frac{3}{8}$ Zoll. Die Höhe der Schraube, d. h. das Steigen des Ganges bei einem einmaligen Umgange beträgt $\frac{6}{8}$ Zoll. Unterhalb des Gewindes sind die Schrauben cylindrisch mit $3\frac{15}{16}$ Zoll Stärke abgeschmiedet, und am Ende mit einer Oese versehen,

welche bei $3\frac{3}{8}$ Zoll Eisenstärke ein rundes Loch von 2 Zoll Weite und einem äußeren Durchmesser von 6 Zollen zeigt. Wir haben also

im Schraubengewinde	5 Fuß	6 Zoll.	
= cylindrischen Theile	1 =	— =	
und als Oese	— =	6 =	
zusammen wie oben	7 Fuß	— Zoll.	

Die Schraubenmuttern sind gegossen, und sauber ausgedreht, ihre Höhe ist 7 Zoll und die äußere Form 6flächig mit 4 Zoll Seite. Der darauf passende Schlüssel hat von dem Centro des Loches ab eine Länge von 3 Fuß $3\frac{1}{2}$ Zoll.

Zu einer jeden Schraube gehört noch eine schmiedeeiserne Stoßscheibe von $9\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und $\frac{1}{2}$ Zoll Stärke, aus Kesselblech gefertigt, und eine gußeiserne Stoßplatte von 16 Zoll Länge, 12 Zoll Breite und $1\frac{1}{4}$ Zoll Eisenstärke. An den kurzen Seiten letzterer Platte sind unten Vorsprünge, womit die Platte klammerartig den 14zölligen Balken, worauf sie zu liegen kommt, übergreift. In der Mitte jeder Platte und jeder Stoßscheibe, welche zwischen der Platte und der Schraubenmutter liegt, befindet sich ein Loch von reichlicher Weite für die Schraube.

In die Oesen der Schrauben werden sogenannte Bolzengelenke gehängt. Jedes von diesen besteht aus 2 Backenstücken oder Laschen von $1\frac{1}{2}$ Zoll Stärke, dabei ist es, durch die beiden Bolzenlöcher gemessen 6 Zoll, dazwischen aber 5 Zoll breit; zwischen den Mittelpunkten der Löcher 8 Zoll, im Ganzen aber 14 Zoll lang. Beide Bolzen sind 2 Zoll stark, auf einer Seite mit einem runden Kopfe, auf der anderen in eine Vaterschraube endend, worauf eine Mutter aufgesetzt wird. Der eine Bolzen eines solchen Stückes kommt in die Schraubenöse, und der andere dient zum Anhängen der Kette, oder vielmehr des noch an dieser befindlichen — kleineren — Bolzengelenkes.

Jede Kette ist für sich, mit der Probirmaschine, bis zu einer Tragfähigkeit von mehr als 300 Centner geprüft worden. Die Eisenstärke beträgt in den Kettengliedern 1 engl. Zoll (= 0,97 preuß.), dabei haben diese eine ovale Form, und zwar im Innern des Gliedes bei 4 Zoll preuß. Länge eine Breite von $2\frac{1}{8}$ Zoll. Jedes Glied hat in seiner Mitte einen schmiedeeisernen Quersteg, der in der Mitte nur 1 Zoll, am Kettenringe aber 2 Zoll Durchmesser hat, wobei er hier etwas ausgekehlt erscheint. Aus den so eben angegebenen Maßen ist zu entnehmen, daß die beiden Löcher eines jeden Gliedes wenig größer sind, als die Eisenstärke, so daß eben so wenig ein Verwirren der Kette, als ein Längen derselben möglich wird.

Da der zu senkende Pumpensatz auf der Stollensohle ausgoß, und der Schacht bis dahin $8\frac{1}{2}$ Lachter tief: so wurden die beiden Hauptketten zu je 60 Fußen (9 Lchtr.) Länge angenommen, außerdem aber zu deren Verlängerung 5 Paar Ketten von $4\frac{1}{2}$ Fuß angeschafft, hiermit der Länge einer halben Aufsatz-Röhre entsprechend. Die Verbindung der Ketten unter einander und mit den sogleich zu beschreibenden Backenstücken erfolgte durch Bolzengelenke von gleicher Einrichtung wie die oben erwähnten.

Die Backeneisen zum Anschrauben an die inneren Seiten der Senk-

bäume, haben oben eine runde Oese für die vorerwähnten Bolzen, sind vom Mittel dieser Oese ab 2 Fuß lang, dabei $4\frac{1}{4}$ Zoll breit und 1 Zoll im Eisen stark. Es versteht sich, daß in dem Uebergange aus der Schienen- in die Oesenform keine Schwächung des Eisens liegen darf; nahe unterhalb der Oese, und ganz am anderen Ende liegen an der Rückseite, und zwar in der Quere, 2 Vorsprünge, womit die Eisen 1 Zoll tief ins Holz eingelassen sind. Jedes solche Eisen hat 3 quadratische Löcher für die $1\frac{1}{4}$zolligen Schraubenbolzen, mit denen es am Senkbaume befestigt wird. Die Backeneisen wurden, zugleich mit den Ketten in ihrer Tragfähigkeit erprobt.

Der Balken, welcher für die Schrauben auf die Schachtmündung zu liegen kommt, besteht aus Eichenholz, hat 14 Zoll Höhe und Breite. Seine Länge ward so angenommen, daß der Balken an jedem Ende gegen 2 Fuß über die lichte Schachtlänge übergreift, mithin 14 Fuß; überdem findet derselbe noch an dem Hauptlager im Schachtscheider eine Unterstützung. Die Lage der Schraubenlöcher richtet sich nach der lichten Entfernung der beiden Senkbäume, von welcher indessen so viel abzurechnen bleibt, als die Mitte der Oesen in den Backeneisen von den Senkbäumen absteht, was übrigens nur so viel ausmacht, daß die Ketten genau an jenen Bäumen entlang laufen. —

Im Uebrigen können wir auf die Zeichnung verweisen.

Indem wir nun die Arbeit selbst beschreiben, nehmen wir an, es sei der Senksatz nicht nur in seiner ersten Zusammensetzung vom Schläucher bis einschließlich der Kolbenröhre hinauf hergestellt, sondern auch bereits unter Aufsetzung einiger Röhren weiter niedergebracht, es wäre aber gerade ein neues Paar von Senkbäumen aufgeschraubt ꝛc. Der Satz soll nun gesenkt werden. Wenn der Balken nebst den Schrauben über der Hängebank in seine richtige Lage gebracht, werden die beiden langen Ketten, mit Hülfe der Kabel (Winde mit Vorgelege) in den Schacht gelassen und an die Schraubenösen in der bereits angegebenen Weise angehängt. Alsdann stellt man die Schrauben so, daß sie ein paar Zoll unter dem höchsten Stande, welchen sie überhaupt erhalten können, bleiben. Weiter ergeben sich aus der Länge der Ketten die richtigen Stellen für die Backeneisen, die man am besten bald an die Ketten hängt, und damit die Löcher für die Schraubenbolzen an den Senkbäumen bezeichnet. Das Ausbohren dieser Löcher muß natürlich vor Einbringung der dortigen Auffsatzröhren geschehen. Sind nun die besagten Eisen angeschraubt, auch die sonstigen Vorbereitungen zum Senken geschehen (deren wir bereits oben ausführlich gedachten), so holt man das Gestänge aus dem Satze, stellt Leute zu den Bolzen oder den verlorenen Lagern, welche die Unterstützung des Satzes bildeten, und läßt diesen nun durch Anziehen der Schraubenmuttern nur eben so viel anheben, daß die besagten Bolzen ꝛc. weggenommen werden können. Ist Letzteres erfolgt, so läßt man die im Schachte befindlichen 2 Leute in Nähe der Backeneisen die Ketten beobachten, und das Einlassen beginnt. Bei diesem hat man im Wesentlichsten bloß darauf zu sehen, daß beide Schraubenmuttern ganz gleichmäßig zurückgedreht und fleißig mit Baumöl geschmiert werden. Die Leute bei den Ketten müssen Acht haben, ob diese gleich straff angespannt bleiben, anderenfalls die

Mannschaft an der Hängebank vom Gegentheil avertiren, damit die eine oder die andere Mutter mehr nachgelassen werde. Wenn beide Ketten locker erscheinen sollten, wäre dieß ein Zeichen, daß der Satz sich klemme oder gar irgend wo aufsetze; es wäre dann rathsam, ihn lieber noch einmal anzuheben. Bei einiger Aufmerksamkeit kann solches jedoch nicht leicht vorkommen.

Ist nunmehr das Absenken bis nahe $4\frac{1}{2}$ Fuß fortgesetzt, so läßt man innehalten; die Leute im Schachte richten sich die Bolzen zum Abfangen vor, bringen diese in die gehörige Stellung, und der Satz wird nun behutsam darauf niedergelassen, die halbe Aufsatzröhre aufgeschraubt, das angemessen verlängerte Pumpengestänge eingehängt u. s. w.

Soll nun nach fernerer Abteufung des Schachtes weiter gesenkt werden, so verlängert man die Ketten, indem man ein Paar der $4\frac{1}{2}$fußigen daran schließt, die Schrauben um deren Länge hinaufschraubt, die Ketten-Enden wieder mit den Backeneisen vereint, und dann die Arbeit in derselben Weise verfolgt, wie schon erwähnt worden.

Die angeschafften 5 Paar kurzen Ketten ergeben zusammen eine Länge von $22\frac{1}{2}$ Fuß. Da nun Senkbäume, von Mitte zu Mitte ihrer Verbindungsschlösser, nicht länger, im Gegentheil von der Kolbenröhre aufwärts gewöhnlich nur so lang, wie 2 ganze Röhren, mithin 18 Fuß lang, genommen werden, so sieht man, daß an jedes Senkbaum-Paar die Backeneisen nur einmal angeschraubt zu werden brauchen, wonach man für die Länge von 18 Fuß eigentlich nicht mehr als 4 jener Kettenpaare bedürfte.

Am zweckmäßigsten ist es, die Backeneisen nahe unter der oberen Blattung der Senkbäume, doch etwas unter den dortigen Umfassungslagern anzuschrauben, weil man hier, ehe die neue Röhre aufgesetzt, sich freier bewegen kann.

Als der Schacht die erforderliche Teufe erreichte, hatte der Senksatz eine Länge von 92 Fuß. Das Gewicht der Pumpenröhren kann dabei auf etwas über 300 Centner, und mit den Senkbäumen ꝛc. auf nahe 400 Centner betragen. Diese bedeutende Last konnte aber mit den Schrauben angehoben werden, ohne daß man mehr als 2 Mann brauchte, um abwechselnd an dem einen und dem andern Schraubenschlüssel zu wirken.

Noch ist hier anzuführen, daß bei dem Abheben und Aufsetzen dieser Schlüssel das Gewinde leicht beschädigt werden könnte. Um dieß zu verhüten, bediente man sich zweier cylindrischer Lederstulpen von ungefähr 1 Fuß Höhe, welche man auf die Schrauben ganz lose aufschob, und damit die gefährdeten Theile derselben schützte.

Die Kosten der ganzen Vorrichtung anbelangend, so kamen sie auf $555\frac{1}{2}$ Thlr. zu stehen.

So hoch auch diese Ausgabe erscheint, so ist dennoch der mit dem ganzen Senkzeuge erlangte Vortheil so wesentlich und zugleich in Rücksicht auf Ersparung an Arbeit so beträchtlich, daß die Kosten schon allein bei dem Abteufen des einen Kunstschachtes, wo man sie zuerst anwendete, reichlich ersetzt wurden.

Während nämlich sonst zu einem Senken eine Mehrzahl besonderer Ar-

beiter nach dem Schachte genommen werden mußten, und dort theils an der Kabel, auch wohl noch an einer zweiten Hülfswinde, theils im Schachte selbst mindestens eine volle Schicht zubrachten, bedarf man bei dem Schrauben-Senkzeuge keine weiteren Hände als nur die abteufenden Häuer mit ihren zwei Ziehern, und die ganze Arbeit ist gemeiniglich in ein paar Stunden abgemacht.

Die Schrauben erschienen nach beendetem Absinken des Winkler-schachtes auch nicht im mindesten angegriffen, eben so wenig die Ketten, welche bloß senkrecht hängend, überhaupt fast gar keiner Abnutzung ausgesetzt sind. Es versteht sich nur, daß man beim Einhängen und Herausziehen, so wie bei sonstigem Transporte damit vorsichtig umzugehen habe. Für die Schrauben muß natürlich dieß auch gelten, und hat man dazu einen besonderen Kasten anfertigen lassen.

Schrauben und Ketten sind seitdem schon oft auf anderen Punkten in Anwendung gekommen, auch gegen Zahlung einer Miethe verborgt worden. Man hat damit nicht nur Kunstsätze gesenkt, sondern sie gewährten auch in einigen anderen Fällen, wo man eine schwere Last sicher anheben sollte, oder überhaupt einer großen Gewalt bedurfte, eine ganz vortreffliche Aushülfe. So wurde z. B. der 16 Lachter hohe und 18 Zoll weite Hubsatz auf Wilhelmine-Grube damit angehoben, um einen Wechsel zu dichten; man hat mit einer der Schrauben Kolben aus Ventilkasten herausgerissen, und drgl. m.

Wo der zu senkende Satz nicht — wie auf Marie-Grube — tief unter Tage liegt, oder wo wohl gar die Senkbäume über die Hängebank herausragen, fällt natürlich die Anwendung der langen Ketten hinweg. Im letzten Falle muß man einen zweiten Balken haben, so daß jechliche Schraube einen besonderen dergleichen erhält. Sie kommen an die Innenflächen der Senkbäume zu liegen; dann nimmt man ein paar der kurzen ($4\frac{1}{2}$füßigen) Ketten, und befestiget sie mittelst der Backeneisen ganz eben so an die Senkbäume, wie die großen Ketten. Zu beachten ist aber dabei, daß die Oesen der Schrauben nicht einen schrägen Zug erhalten; denn da die Stoßplatten 16 Zoll lang sind, so kommen die Schraubenachsen in einen Abstand von 8 Zollen von den Senkbäumen, und die Lage der Ketten wird eine schräge. Damit nun diese nicht auf die Schrauben einwirke, bringt man zwischen eine jede Kette und den betreffenden Senkbaum, am besten dicht unter einem Paare Umfassungslager, ein etwa 6 bis $6\frac{1}{2}$ Zoll starkes Querholz an, welches man da, wo die Kette sich anlegt, so abrundet, daß diese, ohne eine scharfe Biegung zu machen, mit ihrem Mittel in die angemessene Entfernung vom Senkbaume (8 Zoll) geleitet wird. Wo die Last nicht sehr groß und man es wagen darf, den Satz an 2 Umfassungslagern zu fassen, kann man unter das oberste Paar solcher Lager 2 Querhölzer geben, durch diese eine starke Oesenschraube gehen lassen und daran die beiden Ketten anschließen.

Auch bei solchen Sätzen, welche nicht in Senkbäumen hängen, wird man ohne Schwierigkeit geeignete Vorrichtungen anbringen können, um die Ketten auf eine sichere Art zu befestigen und sie dann durch die Schrauben eben so anzuheben und nieder zu lassen, wie die in Senkbäume gefaßten

Sätze. Wir bemerken nur noch, daß man solche Pumpen mit den Ketten möglichst tief unten zu fassen suchen müsse, nämlich so tief als dies rücksichtlich des Aufsteigens der Wasser zulässig erscheint.

Es ist uns nicht unbekannt, wie man in England, namentlich bei den großen Kunstschachten in Cornwall, die dortigen bis 40 Klafter hohen Pumpensätze einbringt, wie man sich dazu eines, bis 4 Zoll starken Taues bedient, das um eine lange, stehende Welle gewunden ist; wie das andere Ende des Taues, über eine Rolle laufend, einen großen Kasten trägt, in den so viel Gewichte kommen, daß sie die anzuhebende oder einzulassende Last contrebalanciren; wir sehen ein, daß dadurch diese Last allerdings mit vieler Leichtigkeit auf- und nieder zu bewegen sein muß, und geben zu, daß die Einrichtung am Ende nicht theurer, vielleicht sogar billiger kommt, als die Schrauben mit den Ketten. Dennoch würden wir für unsere Verhältnisse die Anwendung eines hanfenen Taues niemals anrathen können, und zwar besonders darum nicht, weil es ungemein schwierig, wo nicht unmöglich ist, ein solches Tau Jahre lang gegen das Verderben zu schützen. Sei es auch noch so gut getheert, wir sehen, wie aus unseren schwachen und starken Seilen die Wasser stets das Theer bald ausspülen. Je dicker nun ein Seil, um so schwieriger ist es, dasselbe vor seiner Aufbewahrung vollkommen auszutrocknen. Erfolgt dieß aber nicht, so wird es in kurzer Zeit stockig. Die Erfahrung hat solches vielfältig gelehrt, und wer das kennt, geht immer mit einer gewissen Aengstlichkeit daran, wenn er einem, lange nicht gebrauchten, Seile eine schwere Last anvertrauen soll.

Allerdings hat ein Tau, abgesehen von dem oben gedachten Wege einer Verderbniß, die Annehmlichkeit, daß eine Abnutzung sich in Zeiten durch Auffasern rc. bemerkbar macht, während der Fehler einer Kette nur erst durch deren wirkliches Reißen an den Tag kommt.

Allein bei unseren Senkketten findet eine eigentliche Abnutzung nicht statt, und eine zufällige Beschädigung dürfte bei genauer Durchsicht nicht leicht dem Auge entgehen. Ueberdem sind sie in einer solchen Stärke genommen, daß wahrscheinlich ein wirkliches Reißen der einen noch nicht das Reißen der zweiten Kette herbeiführen würde. Daß aber, wenn man einmal Schrauben zum Senken anwendet, damit die Anwendung von Seilen nicht gut zu vereinigen sei, haben wir bereits früher auseinandergesetzt. —

Die Fig. 7 und 8 enthält den Grund- und Aufriß eines anderen Schraubensenkzeuges (in $\frac{1}{30}$ der natürlichen Größe), welches auf den Steinkohlen-Gruben bei Dombrowa im Königreiche Polen, angewendet wird. Obwohl dieß Senkzeug die ganze Arbeit nicht in dem Grade vereinfacht, wie das unsrige, auch nur da anwendbar ist, wo die Pumpe in Senkbäumen hängt, so hat es doch andererseits, neben geringerer Kostbarkeit, den Umstand für sich, daß man dasselbe bei einiger Weite des Kunstschachtes (wenn nämlich keins der Hauptlager in dem Stoße zu liegen braucht) im Schachte selbst anbringen kann.

Seine Einrichtung ist im Wesentlichsten folgende:

Auf dem betreffenden Hauptlager-Paare liegen 4 gußeiserne, $1\frac{1}{4}$ Zoll starke, Platten von je $14\frac{1}{2}$ Zoll Länge bei 11 Zoll Breite und zwar in der

Quere über den Lagern und diese durch abwärts gehende Laschen klammerartig umgreifend, auch mit diesen Laschen fast $\frac{1}{2}$ Zoll tief ins Holz eingelassen. Je 2 auf einem Lager befindlichen Platten liegen $13\frac{1}{4}$ Zoll weit auseinander, sind aber hier mit einem runden Schraubenbolzen verbunden, dessen Enden in denen, vom Rande der Platten hervorspringenden, Augen stecken und dahinter mit aufgesetzten Schraubenmuttern angezogen sind.

In der Mitte einer jeden Platte zeigt diese einen 3 Zoll hohen, runden Vorsprung, in welchem sich ein fast eben so tiefes Loch befindet, das umgekehrt glockenförmig ausgebohrt ist, und zur Aufnahme des eben so gestalteten Fußes einer Schraube dient. Ohne diesen Fuß haben die 4 Schrauben, bei $4\frac{1}{4}$ Zoll größtem Durchmesser, im Gewinde eine Höhe von 2 Fuß $8\frac{1}{2}$ Zoll, über diesem folgt daran ein vorspringender Ring von reichlich $\frac{1}{2}$ Zoll Höhe und $5\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, dann aber der 5 Zoll hohe, sechsseitige Schraubenkopf, von 4 Zoll größten Diameter oder 2 Zoll Seite des Sechsecks. Auf solchen Kopf paßt der Schraubenschlüssel, dessen Länge nach dem zu überwindenden Gewichte und nach dem vorhandenen Raume abzumessen ist. Auf der Zeichnung beträgt die Länge vom Mittelpunkte des Oehres ab nur $18\frac{1}{2}$ Zoll, was etwas wenig scheint. Schrauben und Schlüssel sind aus Schmiedeeisen angefertigt.

Die gußeisernen Mutterstücke haben eine conische Form, nämlich unten einen Durchmesser von $11\frac{1}{2}$ Zoll, und oben einen solchen von 9 Zollen, dabei eine Höhe von $11\frac{1}{2}$ Zoll. Je 2 solcher Muttern sind nebst der dazwischen befindlichen Verbindung in einem Stücke abgegossen. Es liegt nämlich zwischen ihnen eine Art Kasten, der oben und nach außen hin offen ist. Derselbe hat — in einer durchs Mittel der Mittel der Muttern gezogenen Linie — eine lichte Länge von $7\frac{1}{2}$ Zoll, dabei eine lichte Breite von 7 Zollen. Der $1\frac{1}{2}$ Zoll dicke Boden des Kastens vereint sich, mit einiger Abnahme in der Breite mit der Basis der Muttern in einer unten ganz gleichen söhligen Fläche; außerdem sind die Muttern mit den, ihnen zugekehrten Kastenwänden, in ihrer und des Kastens ganzer Höhe, durch $1\frac{1}{2}$ Zoll starke Rippen verbunden. Die dritte Wand jenes Kastens ist fast 2 Zoll dick und kommt nicht nur ganz dicht an den Senkbaum zu liegen, sondern umfaßt diesen auch noch klammerartig mit Vorsprüngen von reichlich 1 Zoll, und in einer, der Höhe des Kastens entsprechenden, Länge, welche Höhe übrigens mit derjenigen der Schraubenmuttern genau übereinstimmt.

An den äußeren, d. h. an denen, dem Kasten abgewendeten Seiten der Muttern, und zwar in der vorhin angenommenen Mittellinie liegend, sehen wir starke Augen angegossen, deren Löcher zur Aufnahme von zwei runden Stangen dienen, mit denen sämmtliche Muttern zu einer Art von Rahme verbunden erscheinen, welche von den 4 Schraubenspindeln getragen wird. Jene Stangen oder Bolzen sind in ihrer Mitte nahe 2 Zoll stark, an den Enden sich auf $1\frac{1}{2}$ Zoll verjüngend, dann folgt vor jedem Auge ein vorspringender Ansatz, und hinter dem Auge ein Schraubengewinde, worauf je eine Mutter sitzt. — Die Länge der Stangen richtet sich nach der Entfernung der Hauptlager, da die mehrerwähnten Augen sich genau über dem Längenmittel dieser Lager befinden.

An denselben (Außen-) Seiten der Senkbäume, welche zwischen den bereits angegebenen klammerartigen Vorsprüngen der Kastenwände niedergehen, sind in mehrerer Höhe eigenthümliche gußeiserne Laschen oder Kappen angeschraubt. Eine solche besteht in einer $1\frac{1}{4}$ Zoll starken Platte, welche fast genau so breit als der Senkbaum, und dabei 17 Zoll hoch ist. Bei 6 Zoll Höhe springt daraus im rechten Winkel eine $1\frac{1}{2}$ Zoll starke Platte um $7\frac{1}{2}$ Zoll vor, welche in Verbindung mit 2 Seitenwänden einen eben dergleichen Kasten bildet, wie derjenige zwischen den Muttern, nur daß er umgekehrt liegt. Ueber seiner Deckplatte sieht man eine starke Knagge angegossen, zur Rechten und Linken, über dieser Knagge aber die 3 Löcher für die Schraubenbolzen, deren Köpfe auf der Hauptplatte, die Muttern aber an der Innenfläche des Senkbaums liegen.

Diese beiden Stücke, welche wir Kappeneisen nennen wollen, dienen dazu, um Bolzen hineinzustellen, deren Füße dagegen in die Kasten zwischen den Schrauben-Muttern zu stehen kommen. Es ist dieß auf der rechten Seite unseres Aufrisses (Fig. 8.) anschaulich gemacht, während wir auf der anderen Seite, wo die Seitenansicht in einen Durchschnitt übergeht, den Bolzen 2c. 2c. hinwegließen.

Noch haben wir hier anzuführen, daß die Schrauben flachgängige sind, daß die Gänge eine Höhe von $\frac{5}{8}$ Zoll und eine gleiche Steigung haben, so wie daß der innere Durchmesser $3\frac{1}{4}$ Zoll beträgt; ferner daß die Muttergewinde nicht im Gußeisen selbst hergestellt sind, sondern daß ein jedes in einen schmiedeeisernen Conus geschnitten ist, welcher in das, oben als Mutter bezeichnete Gußstück von unten her eingesetzt wurde.

Was nun die Anwendung des ganzen Senkzeuges anbelangt: so ist im Allgemeinen zu bemerken, daß selbiges eigentlich nicht sowohl zum vollständigen Einsenken eines Satzes, als vielmehr nur dazu dienen kann, diesen erst etwas anzuheben, und dann auf Bolzen, die man auf einem anderen (gewöhnlich nächst unterem) Hauptlagerpaare unterhält, nieder zu lassen. Rechnet man die Höhe der Muttern, so wie ein paar Umgänge auf's Anheben ab, so bleiben nur etwa 18 Zoll von der Schraubenlänge auf das wirkliche Senken. Man wird also den Satz 3 Mal abfangen müssen, bevor man eine halbe Aufsatzröhre (von $4\frac{1}{2}$ Fuß) anbringen kann.

Es ist klar, daß nach jeder Abfangung des Satzes die Bolzen zwischen den Fußkasten und den Kappeneisen herausgenommen, und gegen solche von $1\frac{1}{2}$ Fuß minderer Länge ausgetauscht, auch die Muttern immer wieder heraufgeschraubt werden müssen, so wie daß man beim ersten Anfange des Senkens die Backeneisen in angemessener Höhe an die Senkbäume zu schrauben habe, besonders wenn man mit ihnen, ohne sie auf eine neue Stelle zu bringen, mehr als einmal senken will.

Man sieht indessen hieraus, daß die Arbeit ungleich langsamer von Statten geht, als mit unseren Schrauben. Es ließe sich nun zwar denken, daß man auch hier die Schrauben länger nehmen könne. Wir möchten dieß jedoch nicht anrathen, weil wenn die Senkbäume nicht ganz genau in den Leeren der Hauptlager fortgleiten, mit einer Verlängerung der Schrauben ein Schwanken derselben zu besorgen steht. Ein genaues Eingreifen der

Senkbäume in jene Leeren ist aber nicht durchzuführen, ja in vielen Fällen sogar nicht rathsam, um nicht etwa beim Quellen des Holzes, oder bei irgend einer Verziehung der Schachtzimmerung den ganzen Satz sich festklemmen zu sehen, was — namentlich wenn derselbe unter Wasser trat — äußerst übel sein kann. —

Es ist jedoch keine Frage, daß im Vergleich zu allen sonstigen Senk-Methoden sich die beschriebene vortheilhaft auszeichnet, indem sich namentlich für das Anheben und Niederlassen des Satzes eine unbedingte Sicherheit darbietet, und da sich mit ihr obwohl langsam, doch ebenfalls völlig sicher ganze Sätze zu einer beliebigen Höhe herausbringen lassen: so fällt alle Nothwendigkeit von Hebezeugen hinweg, welche stärker zu sein brauchten, als das Einhängen der Kunstgezeugstheile es erheischt.

Zum Schlusse möge noch die Bemerkung Platz greifen, wie Herr John Baildon schon seit vielen Jahren beim Abteufen seiner Kunstschachte zum Senken der Sätze ein ganz ähnliches Senkzeug anwendet, wie das so eben beschriebene Dombrowaer, nur sind seine Schrauben etwas länger, so daß man ein jedes Senken durch bloß einmaliges Wiederaufschrauben der Muttern zu bewirken im Stande ist. Welche große Last damit zu regieren sei, zeigte sich auf dem großen Kunstschachte der damaligen Helena-Muthung, wo zwischen den Senkbäumen zwei 16zöllige Pumpen neben einander eingehängt waren, und reich 10 Lachter Länge erreichten. —

Geschwindigkeit der Kolben und der Pumpenstangen. Alle Stangen eines Kunstgezeuges, so wie auch die Kolben, müssen mit einer geringen Geschwindigkeit bewegt werden; die Schachtgestänge der Cornwalliser Sätze, welche fast nur Druckpumpen mit Taucherkolben sind, werden im Allgemeinen mit einer mittlern Geschwindigkeit von 1,30 bis 1,40 Meter in der Secunde gehoben: sie sinken nieder und drücken dabei das Wasser in die Steigröhren der Sätze mit einer weit geringern mittlern Geschwindigkeit, welche 0,45 Meter im Durchschnitte nicht übersteigt. Die Kolben des Kunstgezeuges in dem Davider Schachte der Grube Himmelfahrt zu Freiberg machen 4 Hübe in der Minute. Da jeder Hub 1,13 Meter lang ist, so durchlaufen die Stangen und die Kolben $8 \times 1{,}13 = 9{,}04$ Meter in der Minute, oder 0,151 Meter in der Secunde. Die mittlere Geschwindigkeit der Kolben bei den Kunstsätzen mit hohlen Kolben kann ohne Nachtheil 1 Meter in der Secunde betragen, wenn die Saugröhren niedrig sind, wie es gewöhnlich der Fall ist.

Verlust. Das von einem Satz in einer gegebenen Zeit gehobene Wasservolum würde gleich derjenigen Menge sein, welche der Kolben durch seine Bewegungen in derselben Zeit ausdrückt, wenn keine Verluste durch die Liderungen und Stopfungen des Kolbens und der Ventile stattfänden. Die Differenz zwischen dem ersten und zweiten Volum, oder der Verlust ist ganz natürlich mit der guten Einrichtung und dem guten Zustande der Sätze verschieden. Wir haben in dieser Beziehung schon mehrere Beobachtungsresultate angeführt. So erwähnt der verewigte d'Aubuisson, daß bei einer in gutem Zustande befindlichen Pumpe des Wasserwerks zu Toulouse, welcher einen Taucherkolben hatte, der Verlust 2,94 Procent betragen habe,

wenn die Kolben 3,48 Hübe in der Minute machten, welches einer mittlern Geschwindigkeit von 0,133 Meter in der Secunde entsprach. Der Verlust betrug nur 1,50 Procent, wenn die Kolben 5,81 Hübe in der Minute machten, welches einer Geschwindigkeit von 0,22 Metern in der Secunde entsprach.

Die Kolben der Kunstgezeuge in den Bergwerken bewegen sich oft weit schneller als die hier erwähnten, besonders während des Saugens, und es hat diese Geschwindigkeit durchaus keine Nachtheile. Der Verlust bei den Sätzen mit massiven Kolben ist, wenn sich dieselben in einem guten Zustande befinden, sehr unbedeutend und beträgt zuweilen kaum 1 Procent von der berechneten Wassermenge. Bei Kunstsätzen, welche nicht sehr gut unterhalten werden, beträgt er häufig nur 8 bis 10 Procent. Bei Sätzen mit hohlen Kolben, welche nicht sehr gut unterhalten werden, übersteigt der Verlust zuweilen sogar 25 Procent.

Passive Widerstände. d'Aubuisson folgert aus einigen Versuchen, die er im Verein mit Herrn Duchesne bei den alten Kunstsätzen der Bergwerke zu Poullaouen, welches Hubsätze mit hohlen Kolben waren, anstellte, daß die zur Hebung der Kolbenstangen dieser Sätze erforderliche Kraft gleich der Summe von dem Gewichte der Stangen und dem Gewichte der gehobenen Wassersäulen, nebst einem Bruch von dem Gewichte der gehobenen Wassersäulen sei, welcher die passiven Widerstände ausdrückt, und er höchstens $\frac{8}{100}$ von dem Gewichte des gehobenen Wassers oder von dem Nutzeffect betragen könne.

Aus den Beobachtungen, welche der englische Ingenieur Wicksteed über die Pumpen des Wasserwerks von Oldfort in London mitgetheilt hat, läßt sich eine obere Grenze von den passiven Widerständen ableiten. Eine von den Pumpen dieses Wasserwerks, nämlich die in Fig. 12, Taf. III. dargestellte, wird durch eine einfach wirkende Dampfmaschine, von der Einrichtung des Cornwalliser Systems, in Betrieb gesetzt und hebt das Wasser auf eine senkrechte Höhe von 108 engl. Fuß (32,91 Meter). Der Hub der Taucherkolben beträgt 9 Fuß (2,743 Meter), der Kolbendurchmesser 41 Zoll (1,041 Meter). Dieser Kolben war mit einem von den Enden des Balanciers der Dampfmaschine verbunden, während der Dampfkolben an dem andern Ende desselben hing. Die Längen dieser beiden Balanciersarme verhalten sich wie 10 zu 9, und der Dampfkolben hat 10 Fuß Hub, während der Pumpenkolben nur 9 hat.

Herr Wicksteed ließ alle Liderungen der Stopfbüchsen und der Kolben sowohl an der Maschine, als auch an der Pumpe los machen und maß die überwiegende Belastung des zweiten Endes von dem Balancier, d. h. den Ueberschuß des Gewichts von dem Pumpengestänge über das Gewicht des Maschinenkolbens. Zu dem Ende bestimmte er direct mittelst Federn die überwiegende Belastung von dem Balancierende, an welchem der Pumpenkolben ohne irgend ein anderes Gewicht saß. Alsdann wog er sehr sorgfältig die dem Taucherkolben hinzugefügten Gewichte und erhielt auf diese Weise die ganze Belastung. Er fand, daß diese überwiegende Belastung 61,557 Pfund avoir du poids (27,911 Kilogr.) be-

trug. Diese Belastung war die Kraft, welche die durch den Taucherkolben gehobene Wassersäule während des Niederganges von dem Kolben ausdrückte, vorausgesetzt, daß der Kolben der Dampfmaschine alsdann einen gleichen Druck auf seine beiden Flächen erhielt, und indem man einerseits den Einfluß von dem Durchmesser der Kolbenstange und andererseits den von dem Ausströmen des Dampfes durch das Gleichgewichtsventil (siehe weiter unten die Cornwalliser Dampfmaschine) unberücksichtigt ließ. Es mußte demnach das Gewicht von 27,911 Kilogr. gleich dem Drucke der Wassersäule sein, welche durch den Niedergang des Kolbens ausgedrückt worden ist, wozu noch die Stärke der Reibungen des ganzen Systems gerechnet werden muß, reducirt auf die Geschwindigkeit der Pumpenstangen, eine Correction, die jedesmal von den Kräften, welche die Kolben der Luftpumpe, der Kaltwasserpumpe und der Speisepumpe der Dampfmaschine absorbirt und entwickelt haben, gemacht worden ist. Bei der Maschine zu Oldford verrichtete aber der Luftpumpenkolben seinen Niedergang zu gleicher Zeit mit den Kolben der Druckpumpe. Die Kolbenröhre der Luftpumpe war geschlossen, und ihr mit Klappen versehener Kolben war während des Niedergangs durch den Schluß des obern Klappenventils, welche das herausgezogene Wasser durchströmen mußte, um in den Warmwasserbehälter zu gelangen, der Einwirkung des atmosphärischen Drucks entzogen. Es wirkte daher keine Triebkraft von oben nach unten auf diesen Kolben, welcher im Gegentheil während seines Niederganges die Reibung seiner Liderung gegen die Cylinderwände und am Ende seines Laufs selbst den Druck der atmosphärischen Luft zu überwinden hatte, die über ihm zusammengedrückt war, sowie auch der Widerstand, welcher von dem Durchströmen des Wassers durch die Klappen herrührte.

Die Speisepumpe drückte das Wasser während des Niederganges von dem Taucher der durch die Dampfmaschine bewegten Wasserpumpe in den Kessel. Nun betrug aber der Durchmesser des Tauchers von der Speisepumpe 6 englische Zoll (15,24 Centimeter). Sein Lauf betrug $\frac{1}{4}\frac{3}{6}$ von dem Kolbenlauf der Wasserpumpe. Der Dampfdruck im Kessel endlich betrug 51,7 Pfund avoir du poids auf den englischen Quadratzoll (2,93 Kilogr. auf das Quadratcentimeter) über den atmosphärischen Druck. Das Ausdrücken des Speisewassers gab demnach Veranlassung zu einem Widerstande, der, wenn man die Reibungen unberücksichtigt läßt und ihn auf die Geschwindigkeit des Pumpenkolbens zurückführt, gleich $\frac{1}{4}\frac{3}{6} \times 15,24 \times 2,93$ Kil. = 151 Kil. Endlich hoben die Kaltwasserpumpen mit hohlen Kolben der Dampfmaschine das Wasser in den Condensator, während des Aufgangs von dem Taucher der Wasserpumpe, und gab während des Niederganges von diesen nur zu passiven Widerständen Veranlassung.

Die Höhe der durch den Taucher der Wasserpumpe während seines Niederganges gehobenen Wassersäule schwankte von 104,5 bis 95,5 englischen Fuß (31,88 bis 29,11 Meter). Das Gewicht dieser Säule schwankte demnach von 55,438 bis 60,080 Pfund während eines ganzen Laufes von diesem Taucher; es betrug im Mittel 57,759 (26,189 Kilogr). Der Ueberschuß des Gewichtes von den Gestängen, wovon der Widerstand abgerech-

net werden muß, der durch das Spiel von dem Kolben der Speisepumpe veranlaßt worden ist, über das Gewicht der gehobenen Wassersäule, betrug demnach 27,911 — 151 — 26,189 = 1571 Kilogr., oder 0,06 von dem Gewichte des durch den Taucher ausgedrückten Wassers. Dieser Ueberschuß des Gewichts überwand alle Reibungen der Wasserpumpe, sowie auch die der Stücke von der Dampfmaschine, welche in die Bewegungen des Systems mit eingingen. Ich muß nochmals wiederholen, daß die obigen Schätzungen, wenn man sie genau annimmt, dennoch durchaus nicht den genauen Werth der Reibungen, sondern nur eine obere Grenze angeben, welche noch sehr weit von dem wirklichen Werthe entfernt sein könnte. Herr Wicksteed hat auch die überwiegende Belastung von dem Gestänge einer Druckpumpe mit massivem Kolben, welche in demselben Wasserwerke zu Oldfort vorhanden war und durch eine Watt- und Boulton'sche einfach wirkende Dampfmaschine bewegt wurde, unmittelbar gemessen. Hier fand das Ansaugen des Wassers während des Niederganges von dem Pumpenkolben statt, und das angesogene Wasser wurde bei'm Aufgange des Kolbens gehoben. Die überwiegende Belastung betrug 5956 Pfund **avoir du poids** (2700 Kilogr.); der Kolbendurchmesser der Pumpe betrug $27\frac{1}{8}$ Zoll (0,96 Meter), und der Durchmesser der Kolbenstange $4\frac{7}{8}$ Zoll (0,124 Meter). Der Kolbenlauf betrug 7,91 engl. Fuß (2,438 Meter). Der Kolben von der Luftpumpe der Maschine wurde durch den Niedergang des Pumpenkolbens gehoben. Zieht man von der oben angegebenen überwiegenden Belastung die erforderliche Kraft ab, um den Luftpumpenkolben und das mittlere Gewicht der angesaugten Wassersäule zu heben, so findet man für die Differenz 1359 Pfund. Diese Differenz als das Maß der passiven Widerstände der Pumpe und der Dampfmaschinentheile während des Niederganges von dem Pumpenkolben angesehen, würde der Bruch $\frac{1359}{4597} = 0,295$ von dem nutzbaren Widerstande sein, der hier nur aus dem Gewichte der angesaugten Wassersäule und der nothwendigen Kraft besteht, um den Luftpumpenkolben zu bewegen, dessen Durchmesser 28 engl. Zoll betrug, und dessen Lauf etwa gleich der Hälfte von dem des Pumpenkolbens ist. Herr Wicksteed nimmt an, daß die passiven Widerstände während des Aufganges von dem Pumpenkolben dieselben seien, als während des Niederganges. Wäre dieß richtig, so müßte die Reibung der von der Watt- und Boulton'schen Maschine bewegten Pumpe gleich einer Kraft von 1359 Pfund sein, welche mit gleicher Geschwindigkeit wie der Pumpenkolben bewegt werden; der Effect dieses Widerstandes bei einem doppelten auf- und niedergehenden Kolbenlaufe der Pumpe würde gleich $2 \times 1359 \times 7,91 = 21499,38$ Pfund **avoir du poids**, 1 Fuß hoch gehoben, sein.

Der entsprechende Nutzeffect würde sein: 25047,5 Pfund $\times$ 7,91 = 192170,975 Pfund **avoir du poids**, 1 Fuß hoch gehoben.

Die passiven Widerstände der Pumpe und der Dampfmaschine würden demnach nur zu einem Verluste Veranlassung geben, welcher gleich dem Bruche $2 \times \frac{1359}{259947} = 0,104$ von dem Nutzeffect ist. Diese Schätzung scheint jedoch zu gering zu sein.

Das Freiberger Jahrbuch auf 1844, aus welchem wir bereits die oben

mitgetheilte Beschreibung der Mönchspumpe im Davider Richtschachte entnahmen, enthält auch sehr genaue Angaben über die Leistungen der Kunstsätze und über das Verhältniß des Nutzeffects dieser Pumpen zu der Triebkraft des Wassergefälles, welches sie in Bewegung setzt. Die Resultate sind folgende: die Taucherpumpen der obern Sätze und die hohlen Kolben der untern Sätze wurden in einen sehr guten Zustand gesetzt, man traf die nothwendigen Einrichtungen zu ihrer vollständigen Speisung und regulirte alsdann die Stellung des Radschützes so, daß das Rad $3\frac{1}{2}$ Umgang in der Minute machte. Das Wasser fiel auf das Rad durch eine länglich viereckige Oeffnung in einer senkrechten Ebene von 0,2369 Fuß Breite und 1,583 Fuß Länge. Die Oberfläche der Ausgußöffnung betrug demnach folglich 0,3796 Quadratfuß. Die sehr sorgfältig gemessene mittlere Wassermenge in der Mitte der Oeffnungen, wurde zu 1,6364 Fuß gefunden, welcher die theoretische Geschwindigkeit von $\sqrt{2\,y\,h} = 10{,}5999$ Fuß entspricht. (Die Maße sind sächsische Fuß, und die von einem freifallenden schweren Körper in der Secunde erlangte Geschwindigkeit beträgt 34,338 Fuß. Da es sich hier um Verhältnisse handelt, so behalten wir die Originalmaße bei). Der theoretische Wasseraufwand beträgt demnach $10{,}5999 \times 0{,}3796$ gleich 4,0205 Kubikfuß in der Secunde. Der numerische Coefficient, mit welchem man den theoretischen Wasserverbrauch multipliciren muß, um den wirklichen Verbrauch zu erlangen, wurde mit einer großen Sorgfalt durch zwei verschiedene Methoden bestimmt. Die erste bestand darin, statt der gewöhnlichen Ausflußöffnung eine Oeffnung in einer dünnen Wand zu substituiren, welche von dem Boden und von den Wänden des Gerinnes abgesondert wurde, und deren Höhe man so regulirte, daß die Geschwindigkeit des Rades noch $3\frac{1}{2}$ Umgang in der Minute betrug. (Die Geschwindigkeit betrug $3\frac{1}{2}$ Umgang in 62 Secunden und war demnach um $\frac{1}{30}$ geringer, als die bei dem vorhergehenden Versuche beobachtete Geschwindigkeit). Der bei einer Oeffnung in einer dünnen Wand anwendbare Coefficient beträgt 0,616; wendet man nun denselben an, und gesteht man ferner zu, daß der Verbrauch in beiden Versuchen derselbe sei, so fand man als annähernden Werth des für die ursprüngliche Oeffnung anwendbaren Coefficienten, 0,7656.

Zur Verificirung ließ man das Wasser durch das gewöhnliche Schußgerinne, durch welches es auf das Rad fiel, ausströmen, und leitete es alsdann ab, um es in einen Kasten fallen zu lassen, in dessen dünner Wand die Oeffnung angebracht war, getrennt von den Wänden des Kastens, und welche Oeffnung man so regulirte, daß der Wasserstand in dem Behälter während der 30 Minuten des Versuchs derselbe blieb. Die Oeffnung in der dünnen Wand ließ also bei einem constanten Zuflusse, den man mit großer Sorgfalt maß, dieselbe Wassermenge fallen, welche das gewöhnliche Schußgerinne mit einem verschiedenen und nur unmerklich constanten Zufluß ausströmen ließ. Da man nun den Ausfluß durch die Oeffnung in der dünnen Wand bei Anwendung des bekannten Coefficienten von 0,616 genau berechnen konnte, so folgert man daraus den Coefficienten, welcher auf die gewöhnliche Ausflußöffnung paßte, und man bestimmte auf diese Weise denselben zu

0,7733, welcher sehr wenig von dem 0,7656 verschieden ist. Nimmt man das Mittel von den beiden bestimmten Werthen als Coefficienten an, so findet man bei einer mittleren Geschwindigkeit des Rades von $3\frac{1}{2}$ Umgang in 61 Secunden, den wirklichen Wasserverbrauch zu 4,0205 Kubikfuß $\times$ 0,7694 $=$ 3,0937 Kubikfuß.

Die senkrechte Entfernung des Wasserstandes in dem Radgerinne von dem auf der Rösche unter dem Rade betrug 44,0416 Fuß. Die verbrauchte Triebkraft betrug demnach 3,0937 $\times$ 44,0416 $=$ 136,2515 Kubikfuß Wasser, 1 Fuß hoch gehoben.

Das Produkt der Taucherpumpen, welches direct gemessen wurde, indem man in einen prismatischen Kasten das Ganze durch zwei auf einander folgende Kolbenzüge gehobene Wasser maß, betrug 5,6880 Kubikfuß (0,905 von dem Volum, welches der Kolbenlauf erzeugt). Dieses Wasser wurde auf eine saigere Höhe von 545,651 Fuß gehoben. Da nun in 61 Secunden $3\frac{1}{2}$ Kolbenstöße stattfanden, so betrug der Nutzeffect der Taucherpumpen in der Secunde $\frac{5{,}6880 \times 3{,}5}{61} \times 545{,}651$ Kubikfuß, 1 Fuß hoch gehoben.

Außerdem gaben die 4 Sätze mit hohlen Kolben von 8 Zoll Durchmesser, welche unter der vierten Gezeugstrecke auf die Taucherfätze folgten, eine Production von 0,85 von dem Volum, welches durch die Kolbenläufe erzeugt wurde, und folglich in der Secunde ein Product von

$$\frac{\overline{0{,}6666}^2 \times 3{,}1416 \times 4}{4} \times 0{,}85 = 0{,}0680 \text{ Kubikfuß.}$$

Diese Wassermenge wurde auf eine saigere Höhe von 134,589 Fuß gehoben, und folglich war der Nutzeffect der Pumpen gleich: 545,651 $\times$ 0,1632 $\times$ 134,589 $\times$ 0,068 $=$ 98,2023 Kubikfuß Wasser, 1 Fuß in der Secunde gehoben.

Wir sahen, daß die ganze Triebkraft des Gefälles 136,2515 Kubikfuß Wasser, welche von 1 Fuß Höhe in der Secunde fallen, war. Das Verhältniß des Nutzeffects zur Triebkraft betrug demnach 0,7207. Es findet folglich ein Totalverlust von 28 Procent statt, wozu aber auch die Wirkungen der passiven Widerstände und der Verluste an Wasser oder des Gefälles gerechnet werden müssen. Es gehören dahin die am Wasserrade selbst, an den Gestängen, welche die Bewegung mittheilen, und welche 20 Meter lang sind, an den Pumpen, von denen 4 gewöhnliche Drucksätze mit hohlen Kolben sind, welche eine weit geringere Leistung, als die Sätze mit Taucherkolben, haben. Von diesem Totalverluste von 28 Procent scheinen 14 Procent dem Wasserrade und der Bewegungsmittheilung durch die Gestänge zugeschrieben werden zu können. 14 Procent von der verbrauchten Triebkraft, oder 20 Procent in runden Zahlen von dem dem gehobenen Wasser entsprechenden Nutzeffect, würden demnach eine sehr annähernde Schätzung sein, und wahrscheinlich höher, als der genaue Werth des Widerstandes durch die Reibungen der Gestänge und der Pumpenkolben, durch das durch die Klappen strömende Wasser, durch die Wasserverluste in Folge des verzögerten Verschlusses der Ventile, so wie endlich durch verschiedene andere Ursachen.

Nach allen diesen Beobachtungen scheint es uns, daß man keinen wesentlichen Fehler in der Praxis begehen wird, wenn man annimmt, daß bei den Kunstsätzen mit massiven Kolben, welche gut construirt und gut unterhalten, und welche durch einfach wirkende Dampfmaschinen, ähnlich denen von Watt und Boulton, oder ähnlich den Cornwalliser, oder durch oberschlächtige Wasserräder in Betrieb gesetzt werden, welche den Schachtgestängen eine Geschwindigkeit ertheilen, die weniger als 0,40 Meter in der Secunde beträgt, der Abzug von dem Nutzeffect, welcher durch die passiven Widerstände aller Art, die von dem Spiele der Pumpen herrühren, im Allgemeinen zwischen $\frac{15}{100}$ und $\frac{20}{100}$ von dem wirklichen Nutzeffect betragen werde, welcher durch das Produkt von dem Gewichte des wirklich gehobenen Wassers durch die Höhe, zu welcher dieses Volum erhoben worden ist, gemessen wird. Was nun den Verlust der Pumpen dieser Art betrifft, so ist er im Allgemeinen unter 10 Procent von dem durch den Kolbenlauf erzeugten Volum.

Anhangsweise wollen wir hier noch von dem Wasserhebungssystem des belgischen Bergwerks-Ingenieurs, Henvaux von Gougnies reden. Es ist wohlfeiler anzuschaffen, als das beim Bergbau bis jetzt gebräuchliche, wirkt vollkommener und bedarf einer geringeren Bewegkraft, bietet übrigens dabei Festigkeit, Sicherheit und Garantie für gehörige Dauer. Bei demselben werden die schweren Schachtgestänge (**attirails**) durch Drahtseile ersetzt, welche die Verbindungen zwischen den einzelnen, einander zu hebenden Sätzen bilden, und es besteht überhaupt aus Saug- und Hubpumpen, von denen je zwei und zwei zusammen geordnet und diese Paare dann etagenweis ganz unter einander gesetzt sind. Die bewegten festen Maschinentheile halten sich bei der Anordnung des Systems im Gleichgewicht und die Bewegkraft hat daher vorzugsweise nur abwechselnd die Wassersäulen in den Pumpen zu bewegen.

Es ist nur unter der Voraussetzung möglich, die Kolbenstangen durch Eisendrahtseile zu ersetzen, wenn die Kolben durch ihr eigenes Gewicht, ohne hinter der gesammten Bewegung zurückzubleiben, niedersinken; dieß wird aber durch die angewendeten selbstabschließenden Kolben mit constantem Durchmesser (**pistons autoclaves à diamètre constant**) erreicht; diese Kolben gehen, ohne zu klemmen nieder, dauern lange, ohne neu gelidert werden zu müssen, und schließen auch beim Anheben sehr gut ab.

Auf Taf. VI. zeigt Fig. 10 und 11 die über einander stehenden, einander zu hebenden Hubsätze mit dem Bewegungsmechanismus in zwei Ansichten nach rechtwinkelig auf einander stehenden Ebenen und theilweisem Durchschnitt.

A und **B** ist jedesmal ein Paar zusammen geordneter Hubpumpen für jede Etage, Strecke, von 50 bis 70 Meter Höhe; unten müssen dieselben in ein gemeinschaftliches Gefäß **C** mit 3 Abtheilungen, von denen die mittlere oberhalb in Form eines Trichters oder Rumpfs offen ist, um durch die Ausgußröhre der beiden nächst tieferen Sätze das Wasser zu erhalten; die beiden Seitenabtheilungen des Gefäßes **C**, in welche die beiden oberen Sätze mün-

den, stehen durch Klappenventile o mit der mittleren Abtheilung in Verbindung.

Die Satzhöhe richtet sich theilweise mit nach den Nebenumständen, und man pflegt für eine Hebungshöhe von 200 M. 3 bis 4 Sätze über einander zu stellen. Die Kolbenstangen werden durch Augen s (Fig. 10) geführt, welche sich in Platten befinden, die man zwischen je zwei Röhren einlegt. Die Enden je zweier einander gegenüber stehenden Kolbenstangen sind mit Drahtseilen verbunden, welche oberhalb durch eine über eine Rolle gehende Laschenkette mit einander verbunden sind; jede solche Rolle sitzt an gleicher Welle mit zwei anderen, von denen die eine die Verbindung mit der höchst liegenden, die andere mit der nächst tiefer liegenden Welle durch eiserne Seile und Laschenketten vermittelt, wie dieß die Abbildung vollkommen deutlich macht. Die obere Welle, an welcher sich die Rolle R befindet, erhält dann durch einen Hebel n, in welchen eine Kurbelstange greift, die erforderliche schwingende Bewegung und überträgt dieselbe bis auf die tiefste Welle.

Es ist aus der Verbindung der Hubsätze mit der Bewegkraft deutlich, daß bei der Bewegung nach der einen Richtung die eine Pumpe und bei der entgegengesetzten Bewegung die andere Pumpe ausgießt.

Die Bewegungsmaschine kann sehr einfach sein, z. B. eine horizontale Dampfmaschine.

Der Kolben, der für dieses Wasserhebungssystem construirt worden und bei guter Wirknng nicht klemmt, ist im achten Theile der natürlichen Größe in Fig. 12 u. 13 dargestellt.

Bei demselben ist A ein um den Körper des Kolbens herumlaufender hohler Raum, welcher sich durch die Oeffnungen k mit Wasser von der Zusammenpressung, welche die darüber stehende Wassersäule hervorbringt, füllt, wodurch die Liderung b c d gegen die Wand des Kolbenrohres gepreßt wird. b ist ein guter Lederring von 5 Millim. Dicke, welcher durch die Ringe e e oberhalb und unterhalb am Körper des Kolbens befestigt ist; c ist ein zweiter Lederring, welcher über dem ersten deßhalb befestigt ist, um den äußern Durchmesser dem der Ringe e e gleich zu machen; d ist ein gebrochener und an den Verbindungsstellen übergreifender Stahlring, um die Ledergarnitur vor Abnutzung zu schützen. f ist ein oberhalb auf dem Kolben befestigter Lederstreifen, damit die Klappenventile mit Leder auf Leder abschließen und daher länger dauern. g ist die untere Lederscheibe des Klappenventils, h das Metallgestell des Ventils mit den Drehzapfen, i ist die untere Scheibe, endlich k kleine eingeschraubte Röhrchen mit Oeffnungen von 1 Millim. Weite, durch welche sich der Druck der Wassersäule auf die Liderung überträgt.

Was die Kraft betrifft, welche zur Wasserhebung in 4 Etagen von je 50 M. Höhe erforderlich wäre, so beträgt das Gewicht einer Wassersäule von 31 Centim. Durchmesser bei 50 M. Höhe 3770 Kil., folglich die vier Wassersäulen etwa 16,000 Kil.; dieses Gewicht ist bei jedem Hube auf eine Höhe gleich der Hublänge zu heben. Da nun der Hebel verschiedene Löcher zur Befestigung der Schub- und Zugstange hat, so werden unter Voraussetzung von 10 Kolbenspielen der bewegenden Maschine von 2 M. Hublänge folgende Verhältnisse sich ergeben.

Beim ersten Loche beträgt die Länge des Hebels 1 M., die Hubhöhe in den Kolben 2,32 M., die Ausgußmenge einer Pumpe 175 Liter oder im Ganzen in der Minute 3500 Liter, folglich in der Stunde 210 Kubikmeter oder täglich 5000 Kubikm., und die reine Leistung der Bewegungsmaschine daher 164 Pferdekräfte.

Beim letzten Loche beträgt die Länge des Hebels 2,4 M., die Hubhöhe in den Kolben 0,95 M., die Ausgußmasse einer Pumpe 71 Liter oder im Ganzen in der Minute 1420 Liter, folglich in der Stunde 85 Kubikm. oder täglich 2040 Kub. M., und die reine Leistung der Bewegungsmaschine daher 68 Pferdekräfte.

(Hierbei sind jedoch die gesammten Widerstände in der Maschine außer Acht gelassen, welche noch einen beträchtlichen Theil der Bewegkraft erfordern, bevor die Vorrichtung in regelmäßige Bewegung gesetzt werden kann.)

Vergleicht man nun das hier beschriebene Wasserhebungssystem mit dem gewöhnlich angewendeten, so wird (wenigstens dann, wenn das Gewicht des Schachtgestänges nicht balancirt ist) für gewöhnlich ein sehr großer Theil der Bewegkraft dazu verwendet, um das Gewicht des schweren Schachtgestänges zu heben. Die beweglichen Theile der Maschine müssen deßhalb viel stärker, die Umtriebsmaschine kräftiger sein, als sonst erforderlich wäre. Und doch bietet ein aus einzelnen Theilen zusammengeschraubtes Schachtgestänge nicht genügende Garantie in Bezug auf seine Festigkeit, selbst wenn es in starken Dimensionen ausgeführt wird, wie die häufig vorkommenden Brüche beweisen.

Die Festigkeit der hauptsächlichsten wirkenden Theile läßt sich bei dem hier beschriebenen System sehr leicht einer vorläufigen Probe unterwerfen, und man kann gleich ursprünglich die Dimensionen so anordnen, daß durch dieselben die vier= bis sechsfache Sicherheit gewährt wird. Es lassen sich auch leicht die erforderlichen Stärken so anordnen, daß sie oberhalb größer, unterhalb geringer werden, wie dies das größer werdende Gewicht der oberhalb zu hebenden Wassersäule fordert.

Drittes Capitel.

Von den Bewegungs= oder Triebmaschinen zur Wasserhebung.

Die bei'm Bergbau zur Bewegung der Kolben der Wasserhaltungspumpen angewendeten Triebmaschinen sind Wasserräder, Wassersäulenmaschinen oder Dampfmaschinen; Windmühlen sind hin und wieder versucht, aber der Unbeständigkeit dieser Kraft wegen nie ordentlich zur Anwendung gekommen.

Die hydraulischen Maschinen waren vor der Erfindung der Dampfmaschine die einzigen zur Wassergewältigung aus tiefen Gruben, sobald dieselben nur etwas viel Grundwasser enthielten. Auch hat man ehemals in

allen Gegenden Europas, in denen reiche und tiefe Gruben im Betriebe standen, bedeutende Arbeiten ausgeführt, um laufende und atmosphärische Wasser zur Ansammlung von Wassern auszuführen, welche diese Maschinen bewegten. Große Teiche dienten zum Sammeln des Regenwassers, um dasselbe in solchen Zeiten zu benutzen, in denen die natürlichen fließenden Gewässer nicht mehr zum Betriebe der Maschinen hinreichten. Sehr ausgedehnte Wasserlosungsstollen, die nach und nach in mehr und mehr niedrigen Sohlen betrieben wurden, und die zu gleicher Zeit denjenigen Wassern einen natürlichen Abfluß verschafften, welche über den Stollensohlen zuflossen, gestatteten die Benutzung der Gefälle derselben Wasser zur Bewegung neuer Maschinen, welche die Grundwasser der Tiefbaue zu Sumpfe hielten. Sie lieferten auch außerdem höhere Gefälle für die Tagewasser. Zuerst benutzte man diese hohen Gefälle zur Anlage mehrerer Wasserräder über einander, so daß die untern die Aufschlagewasser von den obern erhielten; später ersetzte man diese kostbaren Baue durch die Maschine mit zusammengepreßtem Wasser und mit zusammengepreßter Luft, eine Nachahmung des sogenannten Heronsbrunnens, bei den Bergleuten unter dem Namen der Chemnitzer Maschine bekannt; endlich erbaute man Wassersäulenmaschinen, die anfänglich unvollkommen waren, welche in neuerer Zeit aber durch den, den Wissenschaften zu früh entrissenen, genialen Ritter von Reichenbach zu einem hohen Grade der Vollkommenheit gebracht worden sind.

Die Dampfmaschinen wurden anfänglich nur bei Steinkohlengruben benutzt, wo es an hinreichendem Wassergefälle fehlte, und wo der geringe Preis des Brennmaterials ihre Anwendung gestattete, ungeachtet des ungeheuren Verbrauchs, zu welchem die Unvollkommenheit der ersten von Savary und Newcomen construirten Apparate veranlaßten. Die Vervollkommnungen dieser Maschine in den letzten 25 Jahren, hauptsächlich durch die Maschinenbauer in Cornwall, haben den Brennmaterialienverbrauch so vermindert, daß man sie jetzt mit Vortheil nicht allein bei den Steinkohlengruben, sondern auch in mäßig reichen metallischen Bergwerken und in Gegenden benutzen kann, in denen die Steinkohlenpreise ziemlich hoch sind. Es liegt außer den Grenzen dieses Werks, um die Theorie von der Einrichtung der Wasserräder und Einzelnheiten über deren Construction mitzutheilen. Wir werden uns darauf beschränken, anzugeben, wie sie gewöhnlich eingerichtet werden, und wie die Zwischengeschirre beschaffen sind, welche sie mit den Kolbenstangen der Pumpen verbinden, denen sie eine abwechselnde geradlinige Bewegung ertheilen müssen. Es wird sodann eine Beschreibung der Wassersäulenmaschinen zu Huelgoat folgen. Endlich werden wir möglich speciell die Cornwalliser Dampfmaschinen beschreiben, weil dieselben jetzt in solchen Bergwerken, wo hinreichende Gefälle fehlen, und in denen die Wassergewältigung möglichst haushälterisch bewerkstelligt werden soll, allgemein angewendet werden.

I. Wasserräder.

Wasser als bewegende Kraft wirkt entweder durch sein Gewicht, oder durch seinen Stoß allein, oder durch beide im Verein, oder auch durch seinen

Druck. In den ersten Fällen wirkt es gewöhnlich bloß durch Räder, in letzterem Falle erfolgt seine Wirkung auf einen Kolben, wie bei den Wassersäulen-Maschinen, von denen wir weiter unten reden werden.

In dem ersten Falle ist die Peripherie des Rades mit einer Reihe von Schaufeln versehen, welche das Wasser über dem Mittelpunkt oder über der Welle des Rades aufnehmen. Dieß wird dadurch auf dieser Seite schwerer, so daß eine Bewegung, und da frische Schaufeln in die besondere Höhe gelangen, um Wasser aufzunehmen, während sich die unten befindlichen entleert haben, ein fortwährendes Bestreben nach Bewegung, und folglich eine Umdrehung erfolgt. Auf manche Räder dieser Art fällt das Wasser von einer gewissen Höhe in die Schaufeln an dem obersten Punkte des Rades, und wirkt zuvörderst durch den Stoß und dann durch das Gewicht. Man nennt die Räder dieser Art oberschlächtige. Wirkt das Wasser nur durch seinen Stoß, so ist der Umkreis des Rades nicht mit verschlossenen Schaufeln oder Zellen, sondern nur mit solchen Schaufeln versehen, gegen welche es stoßen kann. Ist nun der Stoß des Stromes noch durch einen Fall desselben vermehrt, so wird das Rad umgetrieben und die Kraft jeder zu bewegenden Maschine mitgetheilt. Räder dieser Art nennt man unterschlächtige. Sie erfordern bei weitem mehr Wasser als die oberschlächtigen, und müssen daher breiter gemacht werden. Wenig von den oberschlächtigen verschieden, sind die mittelschlächtigen Räder, bei denen das Wasser an einer zwischen dem obern und unteren Theile des Umkreises liegenden Stelle auffällt. Sie erfordern aber ebenfalls eine größere Wassermenge zur Bewegung; auch giebt man ihnen gewöhnlich etwas mehr Breite, damit durch die Quantität des auffallenden Wassers das wieder ersetzt werde, was durch Verminderung der Druckhöhe verloren geht.

Die obigen sind die hauptsächlichsten Methoden, in denen das Wasser als bewegende Kraft wirkt, und wir wollen hier nur noch die Stärke der Wirkung in irgend einem gegebenen Fall in Pferdekräften zu bestimmen suchen. Unglücklicher Weise ist dies aber nicht sehr leicht, oder wenigstens durchaus nicht genügend auszuführen.

Wenn das Aufschlagewasser für ein oberschlächtiges Rad seine ganze Wirkung leistete, so würden wir sogleich im Stande sein, die Größe dieser Wirkung in Pferdekräften auszudrücken; allein unglücklicher Weise findet noch eine große Unsicherheit in dem Verhältnisse zwischen dem wirklichen Quantum der Aufschlagwasser und benutzten Wassermenge und der mechanischen Wirkung, die es unter verschiedenen Umständen hervorbringt, Statt. Dieselbe Bemerkung läßt sich auch auf die unterschlächtigen und mehr noch auf die mittelschlächtigen anwenden.

Aus den verschiedenen Versuchen des Engländers Smeaton scheint hervorzugehen, daß bei den oberschlächtigen Wasserrädern das Verhältniß zwischen der Kraft und dem Maximum der Wirkung von dem von 10 zu 7,6 bis zu dem von 10 zu 5,2, oder fast von 4 zu 3 bis 4 zu 2 verschieden ist. Das oberste Verhältniß gehört zu den Fällen, in welchen die Menge des benutzten oder des sogenannten Aufschlagewassers die geringste, das letztere zu denen, in welchen das meiste Wasser vorhanden war. Smeaton

nimmt daher an, daß das Verhältniß von 3 zu 2 ein mittleres zwischen der Kraft und dem Nutzeffect bei oberschlächtigen Wasserrädern sei, während bei unterschlächtigen das Verhältniß der Kraft zum höchsten Nutzeffect, wie 3 zu 1 ist. Daher ist das Verhältniß des Nutzeffectes zwischen ober- und unterschlächtigen Rädern, die beide unter den vortheilhaftesten und unter gleichen Umständen der Menge des Aufschlagewassers und des Gefälles wirken, wie 2 zu 1.

Wenn nun diese Verhältnisse auf einer einigermaßen sichern Basis beruhten, so würden sie uns sogleich in den Stand setzen, den Effect eines Wasserrades mit der Einheit der mechanischen Kraft eines Pferdes oder der Dampfmaschine zu vergleichen. Wir würden dann nur die Menge und das Gewicht des Aufschlagewassers in einer Minute und die mittlere Höhe des Gefäßes zu bestimmen haben, dann das Gewicht in Pfunden mit der Fußzahl multipliciren und das Produkt mit 33,000 dividiren. Dieß würde die Größe der bewegenden Kraft in Pferdekräften geben, und $\frac{2}{3}$ von den obigen Verhältnissen würden den Nutzeffect für ein oberschlächtiges und $\frac{1}{3}$ davon die für ein unterschlächtiges Rad geben. Leider sind aber die obigen Verhältnisse von Versuchen entlehnt, welche nach einem zu kleinen Maßstabe angestellt worden, bei denen zwar alle Sorgfalt angewendet wurde, um Richtigkeit zu erlangen, die aber nur ein Mittel zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{4}$ gaben. Sie können daher durchaus nicht mit Sicherheit in praktischen Fällen angewendet werden, so daß sie uns nur einigermaßen bei der Bestimmung der von einer gegebenen Quantität Aufschlagewasser und eines gegebenen Gefälles erhaltenen Wirkung leiten.

Bei der Anlage von Wasserwerken, besonders derer, welche eine bedeutende Kraft erfordern, muß man daher mit großer Sorgfalt und Ueberlegung verfahren.

Wir haben auch bemerkt, daß der Druck des Wassers als bewegende Kraft angewendet werde. Es ist dies bei der Wassersäulen-Maschine der Fall, die wir in einem besondern Artikel näher beschreiben.

Die gewöhnlich im Gebrauch stehenden Wasserräder zerfallen in folgende Klassen:

1) Unterschlächtige Räder in Gerinnen mit ebenen Schaufeln.
2) Kropfräder, bei denen nicht das ganze Gefälle zum Kropf verwendet ist.
3) Kropfräder mit Ueberfallschützen.
4) Unterschlächtige Räder mit gekrümmten Schaufeln und geneigter Schütze nach Poncelet.
5) Oberschlächtige Zellenräder.
6) Räder in unbegrenztem Wasser, Schiffmühlenräder.
7) Turbinen oder Kreiselräder.

Räder mit gekrümmten Schaufeln wurden von Poncelet angegeben, und wenn die Schaufeln gut gekrümmt und die Räder hoch genug sind, daß das Wasser nicht über sie hinaufsteigt, und wenn sie nur einen geringen Spielraum im Gerinne haben, so ist ihr Nutzeffect außerordentlich gut. Sonst construirte man die Wasserräder nur aus Holz, und dieß ist auch jetzt

noch gewöhnlich der Fall. In England und hin und wieder auf dem Festlande zieht man es jedoch vor, sie aus Eisen zu erbauen, und besonders ist dieß für Hüttenwerke namentlich da, wo gute Gießereien in der Nähe sind, sehr zweckmäßig.

Sollen oberschlächtige Räder aus Eisen erbauet werden, so gießt man die beiden Kränze entweder aus dem Ganzen (bei kleineren Rädern), oder man gießt einzelne Theile derselben und schraubt dieselben zusammen, wie die Schwung- und die gezahnten Räder.

Mit den Kränzen werden die Arme mittelst Schrauben verbunden; beide Kränze werden in gewissen Entfernungen von einander, welche der Breite des Rades entspricht, an der Welle befestigt, und die Schaufeln, sowie der Boden, werden ebenfalls mit den Kränzen verbunden, um das Rad vollständig zu machen.

Ganz abweichend von den bisher beschriebenen sind die horizontalen Wasserräder (Kreiselräder), Reactions- oder Segner'schen Räder. Sie wurden schon seit undenklichen Zeiten im südlichen Frankreich und in Italien angewendet; allein ihre Wirkungen waren unbedeutend. Neuerlich hat der Franzose Burdin eine sehr verbesserte Art derselben angegeben, und Fourneyron hat sie noch mehr vervollkommnet und mehrere bedeutende Kreiselräder in Frankreich ausgeführt. Selbst unter Wasser getaucht, sollen sie zufrieden stellende Resultate geben. Auch in Deutschland hat man neuerlich diesem wichtigen Umstande seine Aufmerksamkeit geschenkt, und es sind bereits eine ganze Reihe von trefflich wirkenden Kreiselrädern ausgeführt. Hier beschränken wir uns nur auf die Mittheilung einer gedrängten Beschreibung der verbesserten Art der Maschine und verweisen unten auf das neuerlich über dieselben bekannt gewordene.

Das den Kreiselrädern zu Grunde liegende Princip ist folgendes: Wenn sich in einem von allen Seiten verschlossenen Gefäße Wasser befindet, so drückt es auf die Wandfläche des Gefäßes und zwar auf die Punkte, welche tiefer unter dem Wasserspiegel liegen, stärker als auf die höher liegenden; die Pressungen, welche zwei gleich große Flächentheile in verschiedenen Tiefen unter dem Wasserspiegel erleiden, verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den zugehörigen Abständen des Wasserspiegels, d. h. wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen. Sobald nun an irgend einer Stelle eine Oeffnung in der Wandfläche des Gefäßes ist, so wird durch dieselbe das Wasser mit einer Geschwindigkeit ausfließen, welche der früher an dieser Stelle stattgefundenen Pressung proportional sein, d. h. im Verhältniß der Quadratwurzel aus der Druckhöhe stehen wird.

Befände sich nun vor der Ausflußöffnung ein Hinderniß, z. B. eine schief gestellte Platte, so würde der ausströmende Wasserstrahl, vermöge der von seiner Geschwindigkeit abhängenden Bewegkraft, dasselbe wegzudrängen versuchen, und wenn der Widerstand desselben kleiner als die Bewegkraft des Wassers ist, auch wirklich zur Seite drängen. Soll nun auf solche Art eine stetige Bewegung entstehen, so müssen die Bedingungen so gewählt werden, daß an recht vielen Punkten gleichzeitig ein solches Hinderniß weggedrängt wird, und daß die Einwirkung des Triebwassers immer fortdauert.

Dieß führt endlich dazu, daß man das Gefäß, welches das Triebwasser faßt, cylindrisch macht, ihm am Boden einen horizontal herumgehenden Schlitz giebt und außerhalb des letztern ein bewegliches ringförmiges Gefäß anbringt, in welchem senkrecht stehende, gegen das ausströmende Wasser dagegen schief liegende Platten den Stoß und Druck des Wassers aufnehmen, um dadurch die Umdrehung dieses Gefäßes, Rades zu bewirken.

1) Das Kreiselrad unterscheidet sich dadurch wesentlich von allen übrigen Wasserrädern mit Ausnahme des Reactionsrades (von Segner), daß es bei allen Fallhöhen, von der niedrigsten bis zur höchsten, zur Anwendung gebracht werden kann. Die gewöhnlichen Wasserräder werden schon bei Gefällen von 30 Fuß sehr unbehülfliche und träge gehende Kraftmaschinen. Das Kreiselrad wird unstreitig für so hohe und höhere Gefälle künftig sehr häufig mit großem Vortheil zur Anwendung gebracht werden können. In Gebirgsgegenden und beim Bergbau kann man häufig sehr hohe Gefälle zur Benutzung bringen, die darum unberücksichtigt bleiben, weil gewöhnliche Wasserräder nicht angewendet werden konnten.

2) Bei Gefällen von 9 bis 30 Fuß Höhe geben die rück- und oberschlächtigen Räder einen um 5 bis 15 Proc. höhern Effect als Kreiselräder, und werden also schwerlich von denselben verdrängt werden. Besonders möchten Kreiselräder für den Betrieb von Hammerwerken und Walzwerken weniger geeignet befunden werden. Wenn aber in einzelnen Fällen eine sehr große Winkelgeschwindigkeit oder Ersparung von Raum von besonderem Werthe sein sollte, so würden für sie Kreiselräder zu empfehlen sein.

3) Für Gefälle von 6 bis 9 Fuß können Poncelet'sche Räder nicht zweckmäßig mehr zur Anwendung gebracht werden. Rückschlächtige und Brusträder müssen bei bedeutenderem Wasserzufluß sehr breit gebaut werden; sie haben eine geringe Winkelgeschwindigkeit und übertreffen hier kaum nur noch die Kreiselräder im Nutzeffect. In vielen Fällen werden für diese Fallhöhen Kreiselräder mit Vortheil zur Anwendung gebracht werden können.

4) Für Gefälle von 3 bis 6 Fuß Höhe möchte im Allgemeinen noch immer den Poncelet'schen Rädern der Vorzug einzuräumen sein. Nur wo eine große Winkelgeschwindigkeit von größerem Werthe ist, oder wo die Welle des Kreisels zu gleicher Zeit als Königsbaum für das Triebwerk benutzt werden kann, treten die Kreiselräder mit entschiedenem Vortheile auf.

5) Für ein Gefälle unter 3 Fuß Höhe möchte ebenfalls ein Kreiselrad vor dem Poncelet'schen Rade entschiedenen Vortheil haben, weil bei Anwendung des letztern Rades der halbe Schützenzug am Gefälle verloren geht, was hier schon 16 Proc. und mehr ausmachen kann.

6) Poncelet'sche und gut gebaute rückschlächtige Räder können ohne besonderen Nachtheil 2 bis 3 Fuß tief im Unterwasser baden. Nun betragen aber bei Flüssen von mittlerer Größe (Spree, Lippe, Ruhr ꝛc.) die häufiger vorkommenden Veränderungen der Wasserhöhen mehr als 2 Fuß und dabei werden oft auf solchen Flüssen nur geringe Gefälle benutzt. Unter solchen Umständen wird das Kreiselrad mit großem Vortheil anzuwenden sein, so daß künftig alle Räder mit Pansterzeugen wegfallen sollten. Das Kreiselrad ist aber unter allen Wasserrädern am schwierigsten im Entwurfe genau

und zweckmäßig den vorhandenen Verhältnissen anzupassen, am schwierigsten auszuführen und in gutem Betriebe zu erhalten. Wer ein solches Rad anlegen will, vertraue den Entwurf und den Bau nur sachkundigen und umsichtigen Händen an, wenn er des guten Erfolges gewiß sein will.

Es würde uns hier zu weit führen, wollten wir von den gewöhnlich angewendeten Kunsträdern Abbildungen mittheilen; wir verweisen daher auf die über Wasserräder handelnden Werke, von denen wir besonders das folgende empfehlen: Redtenbacher Theorie und Bau der Wasserräder, Mannheim 1846. — Derselbe, Theorie und Bau der Turbinen und Ventilatoren. Daselbst 1845.

Die zum Betriebe der Kunstgezeuge oder Wasserkünste angewendeten Wasser- oder sogenannten Kunsträder sind fast immer oberschlächtige. Am häufigsten liegen sie über Tage, so nahe als möglich an der Oeffnung des Kunstschachtes, in welchem die Kunstsätze angebracht worden sind. Häufig wird man aber auch durch Localumstände veranlaßt, das Kunstrad mehrere 100 Meter von dem Schachte entfernt anzubringen. Die Radwelle, deren Construction übrigens von der anderer oberschlächtiger Räder nicht wesentlich abweicht, ist mit zwei Zapfen versehen, welche über die Zapfenlager hinausreichen. An diesen Verlängerungen sind zwei Kurbeln oder Krummzapfen angebracht, deren in einer und derselben Ebene enthaltene Achsen, welche durch die des Rades gehen, um einen Winkel von 180 Grad von einander verschieden sind. Eine jede von diesen Kurbeln ertheilt mittelst einer Korb- oder Bläuelstange, einer Linie von hölzernen Stangen, die entweder horizontal, oder nach dem Abhange des Bodens geneigt sind, und die sich bis zu dem Kunstschachte ausdehnen, d. h. einem sogenannten Feldgestänge, die Bewegung. In dem Schachte sind zwei Reihen von Kunstsätzen, die einander ganz gleich sind, und von denen eine jede mit einem Schachtgestänge versehen ist, angebracht; die Schachtgestänge erhalten die Bewegung von dem Feldgestänge mittelst Kreuzen, oder mittelst großen hölzernen Balanciers mit eisernen Beschlägen.

Wir müssen nun noch Einiges über die Feldgestänge (Stangenkünste, Kunstgestänge, Stangenleitung, Stangenwerk) sagen, welche dazu dienen, die Triebkraft mit den Arbeitsmaschinen zu verbinden. Diese letzteren sind im vorliegenden Falle die Kunstsätze, es werden jedoch die Feldgestänge auch bei Wassergöpeln angewendet, wie wir in dem von der Förderung handelnden Theile dieses Werkes gesagt haben. Man wendet die Feldgestänge sowohl über, als unter Tage an, und nennt sie im letztern Falle Streckengestänge; jedoch kommt der letztere Fall weit weniger vor.

Feldgestänge sind stets ein Uebel und nur dann anzuwenden, wenn es nicht thunlich ist, die Umtriebsmaschine unmittelbar mit den ausübenden Maschinentheilen zu verbinden. Denn die Feldgestänge vermehren 1) die zu bewegende Masse einer Maschine und daher auch den wegen der Trägheit der Massen bei jeder Veränderung in der Richtung der Bewegung Statt findenden Widerstand; — 2) erfordern sie sehr viel Holz und, da sie den Abwechselungen der Witterung ausgesetzt sind, beständige Reparaturen; — 3) erfordern sie sehr viel Aufsicht, wenn sie nicht zum größten Nachtheil der

Maschine sich schwer und unregelmäßig bewegen sollen; hauptsächlich aber verursachen sie — 4) Verlust am Hube und daher Verlust an der mechanischen Wirksamkeit der Maschine. Denn die Erfahrung hat gelehrt, daß sie sich auch bei der zweckmäßigsten Construction in den Schlössern, d. h. da, wo die einzelnen Stangen mit einander verbunden sind, ziehen und sich auch biegen, so daß der Hub, den sie den ausübenden Maschinen mittheilen, um $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, auch wohl um die Hälfte kleiner ist, als der, welchen die Umtriebsmaschine hat.

Man hat daher in neuerer Zeit die Feldgestänge möglichst zu vermeiden gesucht und lieber oft sehr kostbare Röschen getrieben, Gräben geführt und Gerinnen gelegt, um die Aufschlagewasser an den Punkt hinzuführen, wo die Umtriebsmaschine unmittelbar mit den ausübenden Maschinentheilen verbunden werden konnte.

Seitdem die Dampfmaschinen bei dem Bergbau und dem Salinenwesen allgemeiner angewendet worden sind, hat man die Feldgestänge auch noch mehr verdrängt, da jene Maschinen fast überall hingestellt werden können, und durch die in neuester Zeit verbesserte Feuerung und Dampferzeugung ihr Unterhalt auch nicht mehr so theuer als sonst ist.

Die wesentlichsten Stücke eines jeden Feldgestänges sind:

1) Die einzelnen Stangen selbst. Sie dürfen sich nicht werfen, d. h. windflügelig schief ziehen, weil sie sonst einen schweren Gang erhalten und leicht zerbrechen. Man muß deßhalb sehr gut ausgetrocknetes Holz dazu nehmen. Eiserne Stangen dehnen sich in der Hitze des Sommers zu sehr aus und ziehen sich in der Kälte des Winters zu sehr zusammen und sind deßhalb nicht so gut als Holz, welches eine nur geringe Veränderung in seiner Längenrichtung erleidet.

2) Die Verbindung der Stangen oder die Schlösser. Diese dürfen sich nicht aus einander ziehen und auch nicht veranlassen, daß das Gestänge, wenn es geschoben wird, sich biegt und bricht. — Man zahnt entweder zwei Stangen auf einander und befestigt dieses Schloß mit Ringen, oder besser, man stößt die Stangen so an einander, daß sie in ununterbrochenen Linien fortgehen, und zahnt auf dem Wechsel zwei besondere Backenstücke auf und befestigt dieselben mit den Stangen durch vier bis sechs hindurch gehende Schraubenbolzen und durch zwei an den Enden angelegte Ringe.

3) Die Unterstützungspunkte der Feldgestänge müssen in vollkommener gerader Linie liegen, weil sonst das Gestänge schwer geht und leicht bricht; auch müssen sie fest sein, sich nicht durch die Schwere des Gestänges senken und locker werden, weßhalb sie auf einem festen Grunde ruhen und durch Streben gut befestigt sein müssen.

Man theilt die Feldgestänge nach der Verschiedenheit ihrer Construction 1) in Feldgestänge mit Schwingen und 2) in solche mit Walzen. Erstere sind entweder Feldgestänge mit doppelten oder mit einfachen Schwingen; und diese letztern wieder entweder mit stehenden oder mit hängenden Schwingen.

Feldgestänge mit liegenden Schwingen sind wenig gebräuchlich und auch sehr unvollkommen.

Die Feldgestänge mit einfachen Schwingen sind von den mit doppelten bloß dadurch verschieden, daß hier nur ein einfaches und nicht, wie bei der vorigen Art, ein doppeltes Gestänge an den Schwingen hängt, und daß der Ruhepunkt der Schwingen nicht in der Mitte, sondern an dem einen Ende derselben liegt. Wird das obere Ende der Schwinge bewegt, und ist das andere unterstützt, so heißt die Schwinge eine stehende und das Feldgestänge eines mit stehenden Schwingen; ist aber das obere Ende unterstützt, und das untere Ende bewegt, so heißt die Schwinge eine hängende.

Die Feldgestänge mit einfachen Schwingen haben den Vorzug, daß sie weniger Holz zu ihrer Construction erfordern, daß man dabei die von dem Rande zu überwindende Last in so fern besser vertheilen kann, daß man an jedem Ende der Welle einen Krummzapfen anbringt und das Schachtgestänge am Halbkreuze hängt. Dagegen lassen sich die einfachen Gestänge nicht füglich bei langen Strecken, so wie bei Förder- oder Treibmaschinen anwenden. Die Feldgestänge mit Walzen sind weit einfacher als die mit Schwingen und daher auch weit weniger kostbar als diese; das Gestänge liegt hier auf Walzen. Nicht immer kann man die Feldgestänge in gerader Linie fortführen, da sie sich nach dem Terrain richten müssen; man muß ihnen daher noch durch andere Mittel zu Hülfe kommen. Soll sich nämlich die Richtung des Fallens ändern, so hilft man sich durch Bruchschwingen und durch Kreuze; soll sich aber die Richtung des Streichens ändern, so hilft man sich durch Wendedocken.

Alle diese drei verschiedenen Maschinentheile haben im Wesentlichen ähnliche Construction. Es sind nämlich starke, vierkantige, kreuzweis zusammengefügte Hölzer, die im Mittelpunkte ihres Kreuzes mit Zapfen versehen sind, um welche sie sich bewegen.

Eine Wendedocke bewegt sich horizontal, und die kreuzweis zusammengefügten Hölzer sind an einer stehenden Welle befestigt; eine Bruchschwinge oder ein Kreuz bewegen sich in senkrechter Richtung. Zwischen beiden liegt der Unterschied bloß in dem Winkel, nach welchem die Arme zusammengefügt sind; ist der Winkel spitz, so nennt man den Maschinentheil eine Bruchschwinge; ist er aber beinahe oder ganz ein rechter oder auch ein stumpfer Winkel, so nennt man ihn ein Kreuz. Ein ganzes Kreuz heißt es dann, wenn wenigstens an drei Armen Gestänge angeschlossen sind, und daher alle vier Arme gleiche Länge haben müssen; ein halbes Kreuz aber, wenn nur zwei Arme mechanisch wirksam sind. Letztere werden bei den Feldgestängen mit einfachen Schwingen angewendet und sehr zweckmäßig von Gußeisen construirt; erstere gebraucht man bei den Gestängen mit doppelten Schwingen.

Man kann das Gewicht der Massen, welche durch ein und dasselbe Wasserrad in Bewegung gesetzt werden, nicht sorgfältig genug in's Gleichgewicht bringen, und dessen ungeachtet ist es nicht zu vermeiden, daß die Geschwindigkeit der Triebkraft nicht sehr bedeutende und schnelle Abweichungen unter dem Einflusse der bedeutenden Massen erleide, welche eine abwechselnde Bewegung erhalten, und welche zu gleicher Zeit zu einer 0 betragenden Geschwindigkeit gelangen. Die langen Feldgestänge, welche man in allen

Bergwerksgegenden trifft, wo die Triebmaschinen nicht immer in die Nähe der Kunstschachte gelegt werden konnten, veranlassen außerordentlich kostbare Unterhaltungskosten und verursachen einen bedeutenden Verlust an der Triebkraft. Man hat den Vorschlag gemacht, sie durch Wassersäulen zu ersetzen, welche hier als Bewegungsmittheilung wirken, indem dieselben in gußeisernen Röhren eingeschlossen werden, an deren Enden Kolben befindlich sind, die in ausgebohrten oder mit Stopfbüchsen verschlossenen Cylindern sich bewegen. Der erste Kolben würde von der hydraulischen Maschine eine abwechselnde Bewegung erhalten, welche von der Wassersäule dem zweiten Kolben mitgetheilt würde, der sie seinerseits den Pumpenstangen mittheilt. Diese Bewegungsmittheilung durch Wassersäulen würde weit geringere Unterhaltungskosten veranlassen, als die langen Feldgestänge, wenn sie einmal gehörig eingerichtet worden wäre, und die passiven Widerstände würden auch nur unbedeutend sein, wenn man die Wasserröhren gehörig weit machte. Endlich wird es möglich sein, die Wassersäulen durch andere Wassersäulen in das Gleichgewicht zu bringen, oder auch durch Gewichte, die man auf einigen von den Kolben anbrächte. Die ersten Anlagekosten würden aber weit bedeutender sein, als die der Feldgestänge, die man im Allgemeinen anwendet; auch würde es schwer halten, Wasserverluste zu vermeiden. Man müßte das Wasser in die Röhren mittelst Druckpumpen einführen, allein, aller Sorgfalt ungeachtet, würde stets etwas Wasser verloren gehen. Uebrigens ist kein Beispiel von irgend einer auf diese Weise zur Fortpflanzung der Bewegung benutzten Wassersäule bekannt. Jedoch begreift man, daß ein solches System große Vortheile vor dem gewöhnlichen Feldgestänge haben müßte, wenn es mit Intelligenz eingerichtet und mit recht großer Sorgfalt ausgeführt würde.

Nutzeffect einiger Wasserräder. Wir haben schon weiter oben den Nutzeffect angeführt, den die Pumpen und das Wasserrad im Davider Schachte zu Freiberg geben; wir machen noch einige Bemerkungen über den Nutzeffect mehrerer Wasserräder, welche die Kunstsätze in den beiden Blei- und Kupfergruben Huelbetsey und Huel-Friendship in Devonshire geben. Ein oberschlächtiges Wasserrad von 32 engl. Fuß (9,75 Meter) Durchmesser, welches mittelst zweier Linien von Feldgestängen, von 250 Faden (457 Meter) Länge, die Bewegung den Schachtgestängen zweier Reihen von Kunstsätzen mittheilte, die in einem und demselben Schachte angebracht sind, verwirklichten einen Nutzeffect, welcher gleich 0,523 der Triebkraft war.

Ein anderes Rad von 40 Fuß (12,198 Meter) Durchmesser, welche in etwa 18 Meter Entfernung von dem Kunstschachte angebracht war, gab einen Nutzeffect von 0,634 der Triebkraft.

Diese Resultate sind Herrn Combes von dem Grubenbeamten mitgetheilt worden, und der Nutzeffect ist wahrscheinlich nach dem Volumen berechnet worden, den die Kolbenläufe der Pumpen geben, so daß das Verhältniß des wirklich erlangten Nutzeffects zu der verbrauchten Kraft wenigstens um $\frac{1}{10}$ unter den oben mitgetheilten Zahlen bleiben dürfte.

Die Kunsträder sind oft unter Tage angebracht, wie wir schon oben

bei der Grube Himmelfahrt sahen. Es ist dieß der Fall, wenn das Gefälle von einem Wasser erfolgt, welches auf der Gebirgsoberfläche, oder auf eine Rösche oder auf einen Stollen fließt, der in einer höhern Sohle, als der Wasserlosungsstollen, befindlich ist, auf welchen letztern das Wasser abfließt, nachdem es auf dem Rade gewirkt hat. Die Bewegung wird darauf den Pumpenstangen durch Gestänge mitgetheilt, welche auf Strecken liegen, die ganz besonders zu diesem Zwecke eingerichtet sind, und die man daher Gestängestrecken nennt. Hohe Gefälle werden jedoch, wie schon bemerkt, weit zweckmäßiger durch Wassersäulen-Maschinen, als durch Wasserräder, benutzt.

II. Wassersäulen-Maschinen.

Die Wassersäulen-Maschinen bestehen aus denselben wesentlichen Theilen, als die Dampfmaschinen. Die einen, so wie die andern, bestehen im Wesentlichen aus einem Kolben, welcher sich in einem ausgebohrten Cylinder bewegt, und dessen abwechselnde Bewegung dem äußern Mechanismus entweder unmittelbar durch die Kolbenstange, oder durch Balanciers und Gestänge, oder durch irgend andere Mittel, mitgetheilt wird. Die Wirkungen, die in den Dampfmaschinen von dem Drucke des Dampfes herrühren, werden in den Wassersäulen-Maschinen durch den Druck des Wassers bewirkt, welches aus einem obern Behälter herbeiströmt und in den Cylinder zwischen dem Boden desselben und dem Kolben durch eine Einfallröhre geführt wird. Wenn der durch das Triebwasser gedrückte Kolben seinen Lauf vollendet hat, so läuft das Wasser durch einen Ausweg ab, der ihm in einer Röhre bleibt, deren Oeffnung niedriger, als die des Reservoirs liegt, welche man Hinterwasserröhre oder Austragröhre nennt. So wie die Dampfmaschinen, können die Wassersäulen-Maschinen ebenfalls einfach- und doppelwirkend sein. Da aber die Triebkraft bei diesen letzteren Maschinen eine fast unzusammendrückbare und, im Verhältnisse zu dem Dampfe, sehr dichte Flüssigkeit ist, so ist es zur Ersparung der Triebkraft, sowie zur Erhaltung der Maschine, nothwendig, daß die Bewegungen einer Wassersäulen-Maschine weit langsamer, als die des Kolbens einer Dampfmaschine sei, und es müssen ganz besondere Vorsichtsmaßregeln getroffen werden, um die Einfall- und die Hinterwasserröhre oder vielmehr die Admissions- und Evacuationsöffnungen des Wassers zu öffnen und zu verschließen. Diese Umstände sind es daher, welche die Einrichtung doppeltwirkender Wassersäulen-Maschinen ganz besonders schwierig machen; daher sind solche Maschinen auch seltene Ausnahmen, von denen man jedoch einige Beispiele in Ungarn findet. Die zur Wassergewältigung angewendeten Maschinen, die einzigen, mit denen wir uns hier zu beschäftigen haben, sind alle einfach wirkende, d. h., der Kolben wird durch die Triebkraft des Wassers aufwärts oder niederwärts gedrückt, und kommt in seine frühere Stellung entweder durch sein eignes, oder durch ein Gegengewicht zurück. Man verkuppelt zuweilen zwei einfach wirkende Wassersäulen-Maschinen, deren Kolben sich gegenseitig das Gleichgewicht halten. Zu dem Ende sind die Kolbenstangen solcher Maschinen mit einer sogenannten Uhr-

kette verbunden, die über eine Scheibe läuft, deren Durchmesser gleich dem Zwischenraume zwischen den Achsen beider Cylinder ist. Es sind auf diese Weise mehrere Wassersäulen-Maschinen in Ungarn eingerichtet.

Ein nicht unwesentlicher Unterschied zwischen den Wassersäulen-Maschinen besteht ferner darin, ob die Steuerung durch Hähne oder durch Kolben bewirkt wird. Maschinen mit Hahnsteuerung findet man hauptsächlich in Ungarn, so wie auch in Sachsen. Sie sind in Gerstner's Handbuche der Mechanik, Bd. 3 (Prag, 1834), S. 355 ꝛc. ꝛc., beschrieben und auf den Tafeln 89 bis 93 abgebildet, so wie auch in Schitko's Werk über Wassersäulen-Maschinen (Wien, 1834).

Die neueren, mit Kolbensteuerung versehenen Wassersäulen-Maschinen, welche Reichenbach erfand und vervollkommnete, wurden zuerst auf der großartigen Sohlenleitung in Bayern ausgeführt. Zwei solcher Maschinen sind in Clausthal im Betriebe, und von ihrem Erbauer, Herrn Maschinendirector Jordan, im 10. Bd. der zweiten Reihe von Karsten's Archiv, S. 235 ꝛc. ꝛc. so wie auch in Villefosse's Mineralreichthum, Bd. 4, S. 531 ꝛc. ꝛc., sehr genau beschrieben und abgebildet. Wir theilen hier zuvörderst die Beschreibung einer neuen und sehr vorzüglich eingerichteten Wassersäulen-Maschine mit Kolbensteuerung mit, welche von dem Herrn Bergwerkdirector Junker in der Grube zu Huelgoat, die wir schon wiederholt erwähnten, erbaut und in der 4. bis 6. Lieferung der Annales des Mines von 1835, so wie auch in Villefosse, Bd. 4, S. 596 ꝛc. ꝛc. beschrieben und abgebildet worden ist. Die Fig. 6 und 7, Taf. IV., stellen diese Maschine dar.

Der Kolben P, Fig. 6, bewegt sich in einem oben offenen Cylinder Y. Der Röhrenhals T, der auf dem Boden des Cylinders einmündet, dient zu gleicher Zeit zur Einführung und zur Abführung der Triebwasser. Die Kolbenstange X geht mittelst einer Stopfbüchse durch den Boden des Cylinders, und mit ihr ist unmittelbar das Schachtgestänge verbunden.

Der Satz dieses Kunstgezeuges ist der in der Fig. 2, Taf. II. dargestellte, welcher das Wasser auf eine seigere Höhe von 230 Meter erheben muß. Da ihr Kolben einen Durchschnitt von 0,14 Quadratmeter Oberfläche hat, und der Lauf desselben gleich dem des Wassersäulen-Maschinen-Kolbens ist, so muß dieser letztere von unten nach oben durch eine Kraft gedrückt werden, die im Stande ist, das Gewicht einer Wassersäule von 0,14 Quadratmeter Oberfläche und 230 Meter Höhe, sowie den Ueberschuß des Gewichts von dem Pumpengestänge über das des Gegengewichts, durch welches es zum Theil im Gleichgewicht, und endlich die Reibungen zu überwinden. Der Kolben P, Fig. 6, Taf. IV., sinkt alsdann durch den Ueberschuß seines eignen Gewichts und dessen mit ihm verbundenen Gestänges über dasselbe Gegenwicht und über die Reibungen. Die Trieb- oder Kraftwasser aus dem obern Behälter müssen daher unter dem Kolben P eingeführt werden, wenn sich derselbe am untern Theile seines Laufs befindet, und das Wasser, womit der Cylinder angefüllt ist, wenn der Kolben P auf die Grenze seiner aufwärtsgehenden Bewegung angelangt ist, muß durch die Hinterwasserröhre entleert werden, damit der Kolben P wieder zurücksinken könne.

Steuerungsapparat. Der Röhrenhals T setzt den Cylinder mit einem seitwärts liegenden Theil H H′, in Verbindung, der aus mehreren Cylindern besteht, welche eine und dieselbe Achse haben und senkrecht zwischen dem Hauptcylinder Y und der Kraftwassersäule liegen. In diese senkrechte Röhre münden, in gleichen Entfernungen über und unter dem Halse T′, zwei horizontale Röhren O und S; die erstere, welche das untere Ende der Kraftwassersäule oder der Einfallröhre bildet, ist diejenige, wodurch die Trieb- oder Kraftwasser anlangen; die zweite, welche mit dem Stollen in Verbindung steht, ist die Hinterwasserröhre. Ein Kolben R kann abwechselnd seine Stellungen in den beiden cylindrischen Räumen b c und b c′, die gleiche Höhe und gleichen Durchmesser haben und symmetrisch über und unter dem Halse T′ liegen, einnehmen.

In der zweiten von diesen Stellungen ist die Verbindung zwischen der Hinterwasserröhre und dem Treibcylinder Y verschlossen. Der mit der Kraftwassersäule in Verbindung gesetzte Kolben P macht alsdann seine aufgehende Bewegung. In der erstern Stellung dagegen ist die Verbindung mit der Kraftwassersäule unterbrochen und die Hintersäule ist geöffnet; der Treibcylinder entleert sich, und der Kolben P sinkt hinab.

Der Kolben R könnte demnach zur Steuerung oder Regulirung der Maschine dienen, wenn er nach und nach und zur gehörigen Zeit die Räume b c und b c′, einnimmt. Es könnte scheinen, als wenn der Steuerungskolben, welcher von der Kraftwassersäule stets von oben nach unten gedrückt wird, die Anwendung einer bedeutenden Kraft erfordere, entweder um ihn von unten aufwärts zu schieben, oder um seine Geschwindigkeit bei dem Sinken zu mäßigen. Jedoch verschwindet diese doppelte Schwierigkeit durch ein einfaches und sinnreiches Mittel. Ein zweiter Kolben Z, der an der verlängerten Stange des erstern befestigt ist, bewegt sich in einem Cylinder über der Einfallröhre. Die Cylinder H′, b c, b c′, sind nach ein und derselben Achse genau ausgebohrt. Da aber die innere Oberfläche des Kolbens J unaufhörlich durch die Kraftwassersäule gedrückt wird, so wird dieser Kolben durch eine Kraft von unten nach oben getrieben, welche entgegengesetzt von der ist, welche den Steuerungskolben treibt. Läßt man demnach auf einen Augenblick die Reibung und das Gewicht dieser Kolben unberücksichtigt, so würde ein Gleichgewicht stattfinden, wenn sie gleiche Cylinder hätten; es würde alsdann die geringste Kraft hinreichend sein, um die Bewegung des Steuerungskolbens nach Belieben zu bestimmen und zu mäßigen. Jedoch ist der Zustand der Dinge nicht ganz auf diese Weise eingerichtet; der Durchmesser des Cylinders H′ ist etwas größer, als in b c, b c′, so daß der auf beiden Kolben ausgeübte Druck nicht gleich ist, daß eine Mittelkraft nach der Richtung des größten stattfindet und demnach eine Tendenz zur aufsteigenden Bewegung. Wenn daher das System sich selbst überlassen ist, so nimmt der Kolben R seine Stellung in dem Raume b c ein und bleibt daselbst so lange, bis er durch eine neue Kraftverbindung getrieben wird.

Um daher die umgekehrte Bewegung zu erlangen, ist es erforderlich, die aufwärtsgehende Mittelkraft aufzuheben, und sie durch eine andere, nach entgegengesetzter Richtung gerichtete, zu ersetzen. Nun ist aber dieser Zweck

erfüllt, wenn man in dem zweckmäßigen Augenblicke eine größere Kraft, als diese mittlere, auf die obere Fläche des Hülfskolbens J einwirken läßt.

Diese Kraft wird augenblicklich von der Kraftwassersäule entlehnt; zu dem Ende wird bei a^3, mittelst einer kleinen Röhre, die in o in dem obern Theile des Cylinders H' ausgeht, aufgefangen. Dieselbe ist mit einer ledernen Stopfung verschlossen, in welche durch eine gelinde Reibung ein Muff oder eine dicke Stange K eintritt, welche auf dem Kolben J befestigt ist, und welche den Zweck hat, die obere Fläche dieses letztern zu vermindern, und um dem hydraulischen Drucke, den man auf das Innere des ringförmigen Raumes w ausüben will, nur denjenigen Theil dieser Oberfläche ausgesetzt sein zu lassen, welcher durch die Bedingungen des Niederganges von der Steuerung erfordert wird.

Dieser Niedergang wird aber bewirkt, sobald man Triebwasser in den Raum w mittelst der Röhre a a^1 a^2 a^3 eintreten läßt. Es hört diese Bewegung erst dann auf, wenn der Kolben R den Raum b c' einnimmt, welcher den zweiten Theil der Steuerung bildet. Um alsdann die Dinge in ihren ersten Zustand zurückzuführen, d. h., um den Kolben R wieder in die Stellung b c zu bringen, muß man nicht allein die Verbindung zwischen der Kraftwassersäule und dem ringförmigen Raume verschließen, sondern man muß auch das Wasser, womit derselbe angefüllt ist, abfließen lassen. Es wird dieß mittelst der Röhre e e^1 e^2 e^3 bewirkt, welche dieses Wasser der Hintersäule zuführt; alsdann wird der Kolben R und der Gegenkolben J von selbst aufsteigen, und der Treibcylinder wird sich entleeren.

Kleiner hydraulischer Apparat zur Regulirung des Spiels der Steuerung. Um die beiden Functionen des Steuerungskolbens zu erhalten, reducirt sich also das Ganze darauf, einen Wasserstrahl von der Kraftsäule in den Raum w gelangen zu lassen, oder diesen Raum zu entleeren, welches abwechselnd und zu gehöriger Zeit geschieht. Ein Hahn, der in einem Gehäuse mit drei Oeffnungen angebracht ist, welche sich vor dem kleinen Röhrenhals o befinden, hätte dieser Bedingung genügen können; allein man hat es auch hier vorgezogen, einen kleinen Kolbenregulator anzuwenden, welcher nach denselben Grundsätzen eingerichtet ist, als der Hauptregulator R J K.

Ein mit zwei seitwärts befindlichen Hälsen a und o versehener senkrechter Cylinder e i enthält zwei Kolben p p', welche mit einer und derselben Stange verbunden und so angebracht sind, daß sie von dem Triebwasser immer in entgegengesetzter Richtung gedrückt werden, welches Triebwasser stets an dem Punkte a befindlich ist. Der Kolben p muß abwechselnd seine Stellung über und unter dem Röhrenhalse o einnehmen. In dem ersten Falle kann sich der ringförmige Raum w entleeren; im zweiten dagegen ist die Verbindung zwischen demselben Raum und der Kraftwassersäule hergestellt.

Der Kolben p' hat eine starke Stange, welche denselben Zweck erfüllt, als die ihr ähnliche in dem großen Regulator, und welche, wie dieser, durch eine lederne, am obern Theile des Cylinders e i befestigte Liderung geht. Eine kleine Röhre u dient dazu, den Druck der Kraftwassersäule auf den freien Theil der obern Oberfläche von dem Kolben p' zu übertragen. Diese

Kraft, welche kaum 30 Kilogr. gleich ist, hat den Zweck, einem gleichen Druck das Gegengewicht zu halten, welcher von unten nach oben unter dem untern Kolben p durch das in der Hinterwassersäule enthaltene Wasser ausgeübt wird, und der von der Stellung des Treibcylinders **Y**, 14,20 Meter unter dem Stollen, herrührt.

Die Steuerung der Maschine findet daher eine eben so einfache als vollständige Lösung in der wohlgeordneten Bewegung der kleinen Kolben p p', welche die Hand eines Kindes verschieben kann. Läßt man sie steigen, so geht der Hauptsteuerungskolben auch sogleich in die Höhe; das Wasser in dem Treibcylinder strömt aus, und der Kolben **P** sinkt. Nöthigt man dagegen die kleinen Kolben abwärts zu gehen und die durch die Figur angegebene Stellung einzunehmen, so sinkt der große Steuerungskolben seinerseits auch und der Treibkolen geht in die Höhe; die Triebwasser strömen ein.

Das Spiel der Maschine wird demnach gesichert sein, vorausgesetzt, daß es ein leichtes und sicheres Mittel giebt, den kleinen Apparat zu gehöriger Zeit wirken zu lassen. Es ist der große Kolben **P**, welcher den Augenblick der Bewegung angiebt und die zu ihrer Hervorbringung erforderliche, sehr geringe Kraft liefert. Ein sehr einfacher Mechanismus erfüllt diesen doppelten Zweck.

Steuerungs-Mechanismus. Die kleinen Kolben sind mittelst einer Stange in **t** aufgehängt, welches, indem es durch das Stück v'' v'' geht, in einen ersten Hebel **t** v' ausläuft, welcher seinen Stützpunkt in v' hat. Ein zweiter Hebel **s** s', der sich am Ende s' um eine senkrechte Stange dreht, welche unten auf dem Kranze des Cylinders **H'**, so wie durch die Stangen v'' v'' und **z** befestigt ist, ist mit dem ersten Hebel **t** v' durch eine kleine Zugstange t' verbunden und enthält an seinem andern Ende einen Sector **s**, der bei seiner Bewegung durch die senkrechte Gabel **v** v' geleitet wird. Zwei Haken oder Nägel, 1 und 2, die auf dem Kreisbogen hervorstehen, sind in entgegengesetzter Richtung auf den beiden Ebenen, entgegengesetzten Flächen dieses Sectors befestigt. In horizontaler Richtung sind sie um die ganze Stärke des Sectors von einander entfernt. Diese Hebel sind so mit einander verbunden, daß sie den Kolben p heben; der untere Hebel würde überflüssig geworden sein, wenn man zwischen dem Treibcylinder **Y** und dem Steuerungscylinder **H H'** den erforderlichen Raum lassen könnte, um das erforderliche Verhältniß zwischen den beiden Armen des Hebels **s** s', durch den Lauf von p herstellen zu können.

Auf der andern Seite hat der Triebkolben **P** bei **f** einen eisernen Schuh erhalten, in welchem die senkrechte eiserne Stange **d** d' eingeschraubt ist. Oben wird diese Stange durch zwei Hälse g^2 g^3 geleitet, welche einen Theil von dem Stücke g g^1 g^2 g^3, Fig. 6 und 7, Taf. **IV.**, bilden, welches mit den beiden Füßen auf dem eisernen Kranze **h h** befestigt worden ist, welcher auch noch die schon erwähnte Gabel **v** v' trägt.

Die runde Stange **d** d' ist auf der Seite der Steuerung der Länge nach mit einer sehr genau abgerichteten Stange von länglich viereckigem Querschnitt versehen, deren Dicke gleich der des Sectors **s** ist, mit welchem sie während des ganzen Laufs von dem Kolben **R** in Berührung bleibt. (Die

Hälse g g müssen natürlich Ausschnitte haben, damit die fragliche Stange frei hindurch gehen könne).

Auf den beiden entgegengesetzten Flächen des Stabes sind die beiden Hebedaumen 3 und 4 mittelst Schrauben befestigt, zu welchem Ende die Stange mit einer Reihe von Löchern versehen ist, mit deren Hülfe man die Entfernung eines Hebedaumens von dem andern verändern kann. Uebrigens entsprechen dieselben den Erhöhungen 1 und 2 an dem Sector.

Das Spiel des Mechanismus ist folgendes: wenn der Kolben **P** durch den Druck der Kraftwassersäule in dem Cylinder mit der Stange **d d'** gehoben wird, so stößt der Hebedaumen 3 gegen die entsprechende Erhöhung des Sectors, nimmt ihn mit sich und veranlaßt das Steigen der kleinen Kolben **p p'**. Sehr bald aber findet, wegen der Winkelbewegung der letztern, ein Entweichen statt, und der Kolben **P** vollendet seinen Lauf, während die Steuerung aufsteigt, die Kraftwassersäule verschließt und die Hinterwassersäule öffnet.

Einen Augenblick darauf geht der Kolben **P** niederwärts; allein dießmal trifft der Hebedaumen 3 die ihn entsprechende Erhöhung nicht, die, nachdem sie vorher von dem Hebedaumen 3 sich entfernt hat, unbeweglich geblieben ist. Es ist im Gegentheil der Hebedaumen 4, welcher die Erhöhung 2 ergreift, die gegen die Stange vorgerückt ist, indem sich die andere zu gleicher Zeit davon entfernte. Der Sector geht nieder und mit ihm die kleinen Kolben, welche die in Fig. 6 angedeutete Stellung einnehmen. In diesem Augenblicke findet ein neues Entweichen des Sectors statt, und der Treibkolben **P** fährt zu sinken fort, bis daß er die untere Grenze seines Laufs erreicht hat, während welcher Zeit die Steuerung bewirkt wird, wodurch er von neuem mit der Kraftwassersäule in Verbindung tritt und eine neue Steigung beginnt.

Mittel, um den Lauf des Treibkolbens zu verändern. Mittel, um die Maschine aufzuhalten. Das hier beschriebene Steuerungssystem gewährt den Vortheil, daß man die Bewegung des Steuerungskolbens mit aller Leichtigkeit verzögern oder beschleunigen kann. Diese Veränderungen der Geschwindigkeit, die außerordentlich wichtig sind, um nach Belieben mit der größten Genauigkeit den Lauf des Treibkolbens zu verändern, werden mit Hülfe der beiden Moderatorhähne **a^2** und **e** erlangt. Der erstere dient dazu, den flüssigen Strahl, welcher in den ringförmigen Raum **w** dringt, mehr oder weniger zu vermindern, der andere bringt dieselbe Wirkung bei diesem Strahl in dem Augenblicke seines Ausflusses hervor. Beide Hähne sind deßhalb mit Schlüsseln oder mit Griffen versehen, welche jedoch auf der Abbildung nicht dargestellt worden sind, und die der Maschinenwärter, wenn er es für erforderlich hält, mit der Hand drehen kann. Sie liefern aber auch ein leichtes Mittel an die Hand, um die Maschine aufzuhalten: wenn der Kolben **R** nämlich zur Mitte seiner aufsteigenden Bewegung gelangt ist und vor dem Röhrenhalse **T T'** steht, so braucht man nur den Hahn **e** zu verschließen, um sogleich die ganze Bewegung der Maschine aufhören zu lassen. Man kann sie aber mit derselben Leichtigkeit, durch ein Oeffnen des Hahnes **e**, wieder in Betrieb setzen. Bei dem entge-

gengesetzten Gange des Kolbens **R** erreicht man dasselbe Resultat durch den Verschluß des Hahns **a**².

Steuerungs-Kolben. Der Kolben **R**, Fig. 8, Taf. IV. ist ein hohler broncener Cylinder, welcher so abgedreht und abgeschmirgelt ist, daß er die ebenfalls vollkommen cylindrischen Räume **b c** und **b c'** ausfüllt. In der Mitte, in einer Höhe x' x², die etwas bedeutender als die **b b'** der Röhre **T'** ist, ist die äußere Oberfläche voll und eben; allein an beiden Enden, auf der übrigen Höhe, hat sie 8 keilförmige Einschnitte x' x''... x¹ x²..., deren Köpfe x'' und x² auf dem Umkreis der beiden Basen des Kolbens an einander gereiht sind.

Wenn die Steuerung geschieht, z. B. beim Aufsteigen, so sieht man, daß der Kolben **R**, welcher **b c'** einnahm, nachdem er durch die Röhre **T'** gegangen ist, seine obere Oberfläche an dem Eingange des Cylinders **b c** zeigt: in diesem Augenblicke würde die Bewegung der Kraftwassersäule aufgehalten sein, wenn der Steuerungskolben ganz eben wäre; allein, da die Einschnitte noch einen Wasserzufluß gestatten, so fährt dasselbe fort, in stets abnehmender Menge in den Röhrenhals zu dringen, bis daß die obern Theile x' der Einschnitte selbst in den Cylinder **b c** eingetreten sind. Der Treibkolben **P** erlangt alsdann die obere Grenze seines Laufs und die Kraftwassersäule nimmt den Zustand der Ruhe an. Weil aber fast zu demselben Augenblicke die oberen Punkte x¹ der unteren Einschnitte den Rand **b'** des Röhrenhalses erreichen, so beginnt die Entleerung durch die Hinterwassersäule und folglich das Sinken des Treibkolbens **P**, dessen Bewegung sich in dem Maße beschleunigt, als die Einschnitte x¹ x² frei werden, und besonders, wenn die untere Basis des Steuerungskolbens **R** sich über dem Punkte **b** erhebt und den Punkt **b**, das Ende seines Laufs, erreicht.

Sogleich darauf beginnt die niedergehende Steuerung: das Ausströmen des Wassers aus dem Treibcylinder wird verzögert, sobald der zurückgehende Steuerungskolben **R** den Punkt **b'** erreicht, und es hört bald ganz auf, wenn der Theil x¹ x² dieses Kolbens gänzlich in den Raum **b c'** eingetreten ist. Alsdann erscheinen aber auch in dem Röhrenhalse die oberen Theile x' der oberen Einschnitte, und mit ihnen die ersten Strahlen des Triebwassers; die Kraftwassersäule hat Zutritt. Diesen Moment stellt die Fig. 6 dar, in welchem der Treibkolben **P**, mit der Kraftwassersäule in Berührung gesetzt, seine aufsteigende Bewegung begonnen hat; die anfänglich sehr geringe Geschwindigkeit nimmt nach und nach in dem Verhältnisse zu, als die Einschnitte sich immer mehr und mehr erweitern, immer mehr Triebwasser eintreten kann, und sie erreicht ihren höchsten Punkt, wenn der Steuerungskolben gänzlich entfernt ist; der Kolben **R** erreicht sehr bald wieder den untern Rand des Röhrenhalses, von welchem er ausgegangen ist.

Größe der Vortheile, welche mit einer stufenweisen Steuerung verbunden sind. Man sieht aus diesen Details, daß der Steuerungskolben nach seiner besondern Einrichtung, bei allen seinen Funktionen, sowohl bei'm Auf- als Niedergange, auf eine Weise wirkt, welche für die wesentliche Erhaltung der Maschine günstig ist, weil er nach und nach, jedoch nur am Ende des Laufs, die ganze Geschwindigkeit auf-

Bayerische Staatsbibliothek München

hebt, welche der Treibkolben hat. Es folgt daraus, daß, da die Kraft niemals plötzlich auf den Kolben und folglich auch auf den Widerstand wirkt, durchaus keine Stöße stattfinden, wenn die zu bewegenden, sowohl festen, als flüssigen Massen aus dem Zustande der Ruhe herausgehen; dasselbe findet statt, wenn diese in Bewegung befindlichen Massen und besonders die Kraftwassersäule wieder ihre Unbeweglichkeit erlangen.

Es haben diese Wirkungen etwas Aehnliches mit den mit elastischen Körpern hervorgebrachten, z. B., mit Luftbehältern, die in ähnlichen Fällen zuweilen wegen der Erhaltung der Maschine und zur Ersparung der Triebkraft angewendet werden. In der Praxis und besonders bei sehr kräftigen Maschinen hat jedoch dieses Mittel viele Nachtheile, und so hat man es auch in Bayern aufgegeben und durch das hier beschriebene ersetzt. Die Wassersäulenmaschine zu Huelgoat zeigt durchaus keine Stöße oder Erschütterungen.

Die Steuerungskolben, welche sicher überall die bei den alten Maschinen angewendeten Steuerungshähne ersetzen werden, haben noch den Vortheil, daß man die Admissionsöffnung so groß machen kann, wie man will, oder wenigstens gleich dem Querschnitt von der Kraftwassersäule, und daß man deren Geschwindigkeit vermindern kann.

Dimensionen, welche dem Steuerungskolben zu ertheilen sind. Wenn der Durchmesser des eigentlichen Steuerungskolbens auch willkürlich ist, so läßt sich dieß nicht von seiner Länge und noch weniger von der Anzahl und den Dimensionen der Einschnitte an seinen Enden sagen. Herr Junker, welcher sich auf die Data der Praxis stützt, nimmt an, daß die Länge des Kolbens wenigstens die dreifache von der Höhe des Röhrenhalses sein und daß sie im Allgemeinen, nebst der Anzahl und Tiefe der Einschnitte, mit dem Volumen der Kraftwasser und der der Maschine zu ertheilenden Geschwindigkeit zunehmen müsse.

Die Bestimmung des Durchmessers von den Hülfs- und Gegenkolben über dem Steuerungskolben ist bestimmteren Regeln unterworfen und beruht selbst gänzlich auf Berechnungen. Nachdem man die mittlere Geschwindigkeit der Steuerung und die hauptsächlichsten Dimensionen der dazu gehörigen Theile bestimmt hat, sucht und drückt man algebraisch die Kräfte aus, welche die Kolben sowohl bei'm Auf- als auch bei'm Niedergange treiben, indem man die Widerstände der Reibung von dem sich bewegenden Wasser in den Verengungen berücksichtigt und sie durch Druck des Wassers auf die Kolben ausdrückt, so daß man zwei Gleichungen erhält, welche die Werthe bei beiden unbekannten Größen der Frage geben können.

Es ist zweckmäßiger, die der Steuerung entgegenwirkenden Kräfte zu hoch, als zu niedrig anzunehmen, indem man mittelst kleiner Moderatorhähne eine zu große Mittelkraft in der einen oder der andern Richtung vermindern kann. Es hat keinen andern Nachtheil, als daß etwas mehr Triebwasser zwecklos verbraucht werden; allein dieser Mehrverbrauch ist immer so gering zu dem Wasser, welches in den Treibcylinder einströmt, daß er ganz unberücksichtigt bleiben kann. Bei der Maschine zu Huelgoat beträgt, bei einem Kraftwasserverbrauch von 1,88 Cubikmeter, der in den ringförmigen

Raum der Steuerung einzuspritzende Strahl etwa nur 0,033 Cubikmeter, und eine Ersparung von der Hälfte z. B. würde gänzlich unbedeutend sein.

Moderator zur Veränderung des Ganges der Maschine. Wir sahen, wie man im Stande ist, den Lauf des Treibkolbens zu verändern, indem man entweder die Entfernung zwischen den beiden kleinen Hebebaumen an der Stange d d, oder, was noch vorzuziehen ist, indem man die Steuerungsgeschwindigkeit verändert. Um aber vollständig Herr von dem Spiele der Maschine zu sein, mußte man auch ein Mittel haben, die Geschwindigkeit von dem Laufe desselben Kolbens zu modificiren, und folglich die Anzahl der Hübe von der Maschine zu reguliren. Man gelangt mittelst der Moderatoren oder kreisrunden Klappenventile V V′, welche in der Kraftwasser- und in der Hinterwasserröhre O und S angebracht worden und auf senkrechten Drehungsachsen befestigt sind, welche durch die oberen Wände dieser Röhren gehen, dahin. Eine jede von diesen Achsen ist von einer kleinen Lederbüchse W W′ verbunden und hat an ihrem Ende einen gezahnten Sector y, der mit einer Schraube ohne Ende im Eingriff steht, welche ihrerseits mit einer Kurbel versehen ist. Will man nun die Geschwindigkeit des Aufganges von dem Kolben P verändern, so dreht man das Ventil V; ist es dagegen die Geschwindigkeit des Nierderganges, welche verändert werden muß, so wendet man sich zu dem Ventil V′ der Hinterwasserröhre. Man verschließt die Ventile, wenn man die Bewegung verzögern, und man öffnet sie, wenn man sie beschleunigen will. Das Admissionsventil wurde fast gänzlich verschlossen gehalten, als Herr Junker die Maschine beschrieb, weil sie nicht ihre ganze Kraft anwenden konnte, da nur erst ein Kunstsatz in den Schacht eingebracht, und der tiefere noch nicht im Betriebe war.

Nebeneinrichtungen. Die Stücke U und I haben den Zweck, den Lauf des Regulators R J K oben und unten zu beschränken. Wenn der Muff K an die obere Grenze seines Laufs gelangt, so mußte er, genau genommen, am Boden der ledernen Stopfbüchse H″ aufgehalten werden müssen; allein da die Bolzen, welche ihn auf den Gegenkolben J befestigen, in Folge des wiederholten Zusammentreffens beschädigt werden und nachgeben könnten, so hat man es für zweckmäßiger gefunden, den Muff, dessen oberer Theil mit einem Deckel K′ versehen ist, gegen die Querstange einer eisernen Säule treten zu lassen, welche auf dem Kranze H″ befestigt ist. Dieser Arm U ist zu größerer Vorsicht mit einer blechenen Büchse versehen, welche aus zwei Theilen U U′ besteht, die in einander treten können, und in welchen sich ein elastisches Kissen von Leinen befindet.

Auf der andern Seite hat der Boden e^3 e^4 von dem Steuerungscylinder H in seiner Mitte einen Becher I, der stets mit Wasser gefüllt ist, und in den eine unter dem Kolben R angebrachte Stange bei'm Niedergange desselben tritt; das alsdann nur mit Mühe aus dem Becher entweichende Wasser wird ein hinlängliches Hinderniß, um die Bewegung des Steuerungskolbens ohne Stoß aufzuheben.

Ein ähnliches Mittel ist für den Treibcylinder in dem Falle angewendet, daß der Kolben P über den obern Rand des Röhrenhalses T, welcher

die gewöhnliche Grenze des Laufs ist, hinausginge. Eine Büchse z, welche mit Schraubenbolzen auf der Mitte von dem Cylinderboden befestigt ist, nimmt alsdann einen bleiernen Kranz von demselben Durchmesser z′ auf, der unter dem Kolben P und um seine Stange befestigt ist, so daß die Bewegung ohne einen bemerkbaren Stoß aufhört. Uebrigens sind diese verschiedenen Einrichtungen weit eher Maßregeln der Vorsicht, als der Nothwendigkeit, und an vielen Maschinen, z. B., an den bayerischen, findet man sie daher nicht.

Soll die Maschine, z. B. nach einer Reparatur, wobei sie ganz entleert werden mußte, wieder in Betrieb gesetzt werden, so würde die in allen Theilen des Apparats eingeschlossene Luft einen großen Widerstand leisten, wenn man nicht leichte Mittel hätte, sich ihrer zu entledigen. Zwei hohle Schrauben, mit Oeffnungen an den Seiten, sind zu diesem Zwecke an dem Treibkolben angebracht, die eine an dem Punkte P, die andere kleinere, welche nicht abgebildet worden ist, an der Röhre o des Cylinders, welcher die kleinen Kolben p p′ enthält. Um der Luft Zeit zu geben, zu circuliren und so viel als möglich zu entweichen, läßt man die Kraftwasser nur sehr langsam einströmen; darauf verschließt man die Oeffnungen, sobald sich das Wasser zeigt; bald darauf ist die Kraftwassersäule gefüllt, allein man muß auch die Hinterwasserröhre füllen, die nach dem Stollen ansteigt und deren Verbindung mit der Kraftwassersäule durch den Kolben R unterbrochen ist. Dieser Zweck wird mittelst der horizontalen gebogenen Röhre e′ (Fig. 7, Taf. IV.) erreicht, welche in ihrer Mitte einen Hahn hat, der die Röhre a^3 a^2 a^1 a, mit der Röhre e^2 e^3, Fig. 6, verbindet. Oeffnet man nun diese letztere, so geht das Wasser von oben nach unten und gelangt unter den Kolben R und dringt in die Säule S S. Dieselbe Röhre ist von Nutzen, wenn es darauf ankommt, denjenigen Theil der Wassersäule zu entleeren, welcher sich über dem Stollen erhebt.

Endlich, um die Verbindung in einem Punkte und unter den Händen des Aufsehers mit allen Mitteln zu vervollständigen, welche im Stande sind, ihm die Handhabung seiner Maschine zu erleichtern, hat man die Kraftwassersäule mit der Steigröhre Ω^1, Fig. 1, Taf. VII. des Kunstsatzes in Verbindung gesetzt, indem man diese Steigröhre stets mit Wasser anfüllen muß, ehe man die ganze Maschine in Betrieb setzt.

Es ist die gekrümmte Röhre Ω^1, e^4, die zu diesem Zwecke dient; sie ist bei Ω^1 mit der Steigröhre verbunden und bei e^4 unter dem Boden e^3 und e^4 (Fig. 6, Taf. IV). des Steuerungscylinders, und zwischen beiden Punkten ist ein Hahn angebracht. Wir sahen bei Erwähnung der krummen horizontalen Linie e′, wie das Wasser an diesen Ort geführt worden ist.

Wir reden hier nur des Gedächtnisses wegen von dem sechseckigen eisernen Rahmen, der oben auf dem Treibcylinder angebracht worden ist, indem sein Zweck weiter unten erklärt werden soll.

Liderungen der Kolben und Stopfbüchsen. Der Treibkolben ist mit zwei verschiedenen Liderungen versehen; die erste besteht aus 4 Scheiben oder Streifen von Leder, welche über einander in einer schwalbenschwanzförmigen Spur am Umfange des Kolbens liegen; diese Scheiben sind darauf unter

einander mittelst Nägeln mit versenkten Köpfen verbunden, und diese letzte Lederstärke steht nur 0,0015 Meter über dem Metallkörper des Kolbens hervor.

Die zweite Liderung besteht aus einer einzigen Lederscheibe, welche gegen den untern Theil des Kolbens mittelst einer kupfernen Scheibe und mittelst 24 Bolzen befestigt ist. Der äußere Rand der Lederscheibe, welcher über dem Kolben hinausgeht, ist zurückgeschlagen und rechtwinkelig umgebogen, um gegen die innere Oberfläche des Cylinders zu reiben, und um allen Durchgang des Wassers zu vermeiden. Die reibende Oberfläche hat nur 0,020 bis 0,025 Meter Breite.

Die Stopfbüchse am Boden des Cylinders, durch welche die Kolbenstange x geht, ist ebenfalls auf zweierlei Weise gelidert. Auf dem Boden hat man mehrere gehörig abgerichtete und genau kreisrunde Lederscheiben angebracht; es kommt alsdann ein dachröhrenförmig gebogener ringförmiger Lederstreifen von 0,03 Meter Tiefe, dessen Oeffnung nach dem Kolben zugedreht ist, und der zwischen zwei Kupferringen liegt. Diese Ringe sind von der einen Seite eben, allein damit das Leder die Form behalte, welche man ihm gegeben hat, so sind sie auf der andern Fläche gekrümmt; der eine von diesen Ringen ist convex und tritt in die Vertiefung des Leders, der andere ist concav, um es zu bedecken. Man füllt den übrigen Theil der Büchse mit neuen ebenen Lederscheiben; endlich wird das Ganze mittelst eines Deckels und 6 Schraubenbolzen zusammengepreßt.

Eine ähnliche Liderung ist bei der Stopfbüchse H″ des Steuerungscylinders, in denen W W′ der Moderatoren, sowie bei der des Gegenkolbens J angewendet; allein da die letztere dem Drucke des Wassers von zwei Seiten unterworfen ist, so hat man in demselben zwei rinnenförmig gebogene Lederscheiben eingelegt, die eine entgegengesetzte Richtung zu einander haben.

Die Liderung, welche die Oeffnung des kleinen Cylinders i verschließt, ist viel einfacher; sie besteht aus einer einzigen Lederscheibe, die von ihrer Mitte nach unten zu umgekehrt ist, doch so, daß der umgekippte Theil höchstens 0,01 Meter beträgt und mittelst eines Deckels, der auf den Ohren des Cylinders aufgeschraubt ist, festgehalten wird.

Der kleine Kolben p′, der gänzlich aus Zinn besteht, ist an seinem obern Theile ebenfalls mit einer Lederscheibe versehen, welche die ganze Liderung bewirkt. Der Kolben p besteht gänzlich aus Zinn, dessen Reibung gegen die Bronce stets sehr sanft ist; er könnte nicht mit Leder gelidert sein, da er genöthigt ist, bei allen seinen Bewegungen durch den Röhrenhals o zu gehen.

Das Leder hat zu diesen verschiedenen Zwecken die bestimmten Formen durch einen starken Druck zwischen besonderen Formen erlangt, nachdem man es in dem Wasser erweicht hat; dann hat man es, ehe es in die Maschine gelangte, stark mit thierischem Oel getränkt, welches den doppelten Zweck hat, ihm eine gewisse Steifigkeit bei seiner Berührung mit dem Wasser zu ertheilen, und die Reibungen sanfter zu machen.

Diese Liderungen, welche sehr wasserdicht sind, haben eine außerordentlich lange Dauer, besonders, wenn es möglich ist, fortwährend die Kol-

per, gegen die die Reibung stattfindet, gehörig geschmiert zu erhalten, wie dieß der Fall bei dem Treibcylinder, bei seiner Kolbenstange und bei dem Muffe **k** der Fall ist *). Bei diesen verschiedenen Anwendungen hat dasselbe Leder bei einem ununterbrochenen Betriebe von mehr als drei Jahren gedient, ohne irgend ein Zeichen der Veränderung gegeben zu haben; nur die Liderung des Gegenkolbens hat nach einem 2½jährigen Gebrauch erneuert werden müssen. Diese Beispiele, welche beweisen, wie vortrefflich das Leder bei der Construction der hydraulischen Apparate ist, beweisen auch die Vollkommenheit der Maschinen, in Beziehung auf die Reibung der festen Körper zwischen einander.

Es giebt an der Maschine nur zwei Theile, deren Ausführung besonders schwierig ist; es ist dieß einerseits das System der Steuerungkolben **R J K**, und andern Theils das der Theile **H H′ H″**. Die Schwierigkeit besteht darin, daß die Achsen der verschiedenen Cylinder, aus denen ein jedes dieser Systeme besteht, genau zusammenfallen, so wie in der genauen Zusammenfügung der letztern mit einander. Man kann nicht genug auf die Nothwendigkeit einer genauen Ausführung halten, so daß eine große Freiheit der Bewegung in dem Steuerungsapparat entsteht; es ist dies eine absolute Bedingung der guten Wirkung und der Erhaltung der Maschine.

Aufstellung der Maschine. Einrichtung des Ganzen derselben. Die Fig. 1 und 2, Taf. VII., stellen die Einrichtung des Ganzen der Wassersäulenmaschinen zu Huelgoat dar. Zwei gänzlich gleiche Maschinen stehen, wie der Grundriß Fig. 2 zeigt, auf einer gußeisernen Brücke neben einander; die Brücke ruht auf Widerlagen von behauenen Steinen, die ihrerseits wiederum auf zwei untern Gewölben stehen, die gegen das Gestein der Schachtstöße gestützt sind. Die Maschinen stehen nicht in der Sohle des Wasserlosungsstollens, sondern 14 Meter darunter, so daß das Wasser, welches den Kolben der Triebmaschine gehoben hat, und dasjenige des Kunstsatzes, der mit jener verbunden ist, durch den Niedergang der Kolben und des Gestänges ausgedrückt worden ist, indem sie in eine Röhre vereinigt sind, welche sie auf dem Stollen 14 Meter über der untern Oeffnung der Hinterwassersäule ausgießt. Die Kraftwasser werden durch eine Wasserleitung in einen Behälter geführt, der 60 Meter über der Stollensohle liegt; die auf den Kolben **P**, und um ihn zu heben, wirkende Kraftwassersäule, hat daher eine saigere Höhe von 74 Meter, und die Hinterwassersäule hat bei ihrem Steigen den Druck einer 14 Meter hohen Wassersäule zu überwinden **). Der Zweck dieser Aufstellung der Triebmaschine unter der Stollensohle ist der, dem Gewichte des Schachtgestänges

---

*) Die Schmiere, welche zum Ueberzuge der Cylinder und der mit dem Leder in Berührung stehenden Stangen dient, besteht aus einem genauen, über dem Feuer gemachten Gemische von:

Schweineschmalz . . .	6	Seine Consistenz muß wie die des Honigs sein.
Talg	5	
Baumöl oder Klauenfett	1	

**) Die Fallröhren der Wassersäulenmaschinen im Silbersegener Richtschachte zu Clausthal haben eine senkrechte Höhe von 611⅔ Fuß (etwa 200 Meter).

der Kolbenstangen und der Kolben, ganz oder theilweis, das Gegengewicht zu halten. Diese Art und Weise der Herstellung des Gleichgewichts ist den in Cornwall üblichen hydraulischen Balanciers analog; diese letztern Vorrichtungen bestehen aus Wassersäulen, enthaltend in Röhren, die zwischen dem Wasserlosungsstollen und der Schachtöffnung stehen, und die mittelst ihres Drucks auf Taucherkolben wirken, die mit den Schachtgestängen, denen sie zum Theil das Gleichgewicht halten, verbunden sind. In einer jeden von den Maschinen, mit der wir uns hier beschäftigen, bringt der Druck einer 14 Meter hohen Wassersäule, die unter dem Kolben der Maschine wirkt, dessen Oberfläche nach Abzug des Querschnittes von der Kolbenstange, 0,8177 Quadratmeter beträgt, während des Niederganges von diesem Kolben, einen widerstehenden Druck von 11,448 Kilogr. hervor; das Gewicht der hölzernen und eisernen Gestänge, welche die Kolben der Maschine und der Pumpe, deren Kolbenröhre 170 Meter tief, mit einander verbinden, beträgt 12,000 Kilogr., so daß das hydraulische Gegengewicht für das Gewicht dieser Gestänge sehr passend ist. Wenn aber noch ein zweiter tieferer Satz in 230 Meter Teufe vorhanden sein wird, so werden die Gestänge etwa 1600 Kilogr. wiegen. Das hydraulische Gegenwicht wird dann zu schwach, und es wird nöthig sein, den Ueberschuß des Gewichts, der aus dieser Verlängerung der Gestänge erfolgt, durch ein anderes Mittel auszugleichen.

Hätte man übrigens einen Ueberschuß von Triebkraft, so könnte man dieses Gegengewicht entbehren, und den Niedergang des Gestänges durch eine Verengung der Ausströmungsöffnung verzögern.

Uebrigens sind die beiden Wassersäulenmaschinen und die beiden Kunstsätze gänzlich unabhängig von einander; sie können gleichzeitig oder eine jede für sich betrieben werden.

Die Kraftwassersäule O' O², Fig. 1 und 2, Taf. VII., liegen, wenn wir von der Maschine ausgehen, auf einer söhligen Strecke **M**, welche den Maschinenschacht von einem andern Schacht trennt, in welchem sich die Einfallröhren senkrecht zu dem obern Behälter erheben; der senkrechte und horizontale Theil der Säule ist durch eine krumme Röhre von 2,45 Meter Halbmesser verbunden. An ihrem obern Ende biegen sich die Einfallröhren von Neuem, um auf einer Länge von etwa 7 Meter die Sohle der horizontalen Strecke zu verfolgen, in welchem sich das Becken für die Speisewasser findet, die demselben durch eine Wasserleitung zugeführt werden. Sie gehen alsdann durch den gemauerten Damm, welcher das Becken auf der Seite des Einfallröhrenschachtes verschließt, und krümmen sich nach unten in das Becken, wo sie in einer Tiefe von mehreren Metern unter dem Wasserspiegel ausmünden. Die Kraftwasser treten demnach in den obern Theil dieser Röhren, wie in einen Heber ein, eine Einrichtung, die angenommen worden ist, um es zu vermeiden, daß dichtere Körper, als das Wasser, welche ungeachtet aller Sorgfalt, die man übrigens zur Reinigung dieser Wasser, ehe sie in das Becken eingeführt werden, anwendet, hineingelangen. Die Einfallröhren haben 0,38 Meter lichten Durchmesser; da nun der Treibkolben der Maschine einen Durchmesser von 1,028 Meter und, nach Abzug des Kolbenstangenquerschnitts von 0,0133 Quadratmeter, 0,8177 Quadrat-

meter Oberfläche haben, so folgt daraus, daß die Geschwindigkeit des Wassers in den Einfallröhren gleich $\frac{8177}{1126}$, d. h. etwas mehr als 7 Mal größer, als die des Treibkolbens, ist. Uebrigens ist der Durchmesser von 0,38 Meter der Einfallröhren nur dadurch bestimmt worden, daß man diese Röhren vorräthig hatte und sie benutzen wollte.

Schachtgestänge. Die Kolbenstange einer jeden von diesen Wassersäulenmaschinen ist durch eine lange Linie von Gestängen mit dem Kolben eines einzigen Pumpensatzes verbunden, der jetzt in einer Teufe von 170 Meter angebracht worden ist, der aber später eine Teufe von 230 Meter unter der Stollensohle einnehmen wird. Dieser Satz ist der, von welchem wir schon weiter oben mit Hülfe von Figur 2, Tafel II., eine weitläufige Beschreibung gegeben haben. Der Kolben hat 0,45 Meter Durchmesser und, nach Abzug des Kolbenstangenquerschnitts 0,14 Quadratmeter Oberfläche. Herr Junker hatte die Absicht, den Kolben eines jeden Satzes mit denen der Triebmaschine durch eine Linie schmiedeeiserner Stangen zu verbinden; allein besondere Gründe haben ihn bestimmt, für die erste Maschine, deren Bau sehr dringend war, hölzerne Gestänge anzuwenden; die Verzahnungen der Stücke dieser Gestänge sind durch 4 Eisenschienen befestigt, welche auf den 4 Flächen des Gestänges liegen und je zwei durch 13 Schraubenbolzen mit einander verbunden sind. Die hölzernen Stangen haben abnehmende Querschnitte von der Triebmaschine bis zu der Pumpe; die Stärken der Querschnittseiten betragen 0,27, 0,25, 0,23, und 0,21 Meter.

Die entsprechenden Stärken der Eisenschienen sind 0,032, 0,028, 0,024 und 0,020 Meter. Die gemeinschaftliche Breite aller Schienen ist 0,12 Meter. Die Bolzen haben 0,04 Meter Durchmesser. Die Länge der hölzernen Stangen beträgt 7 Meter zwischen den Mitten zweier aufeinander folgender Verbindungen. Die Verbindungen sind 1 Meter lang.

Die Art und Weise der Verbindung des Gestänges mit der Kolbenstange der Maschine, welche in **R**, Fig. 1, Taf. VII., dargestellt worden ist, besteht ganz einfach aus zwei starken Eisenstäben, welche das Cylindrische der Stange **X** umfassen, und durch welche, wie auch durch diese letztere, zwei Schließkeile gehen. Unten sind diese Eisenstäbe an der ersten Stange der ersten Reihe mittelst 5 Bolzen befestigt. Zwei Schienen, welche gegen die beiden andern Flächen der Stange stark angeschraubt sind, haben den Zweck, das Spalten des Holzes durch die vorhergehenden Bolzen zu verhindern. Man ist auf dieselbe Weise verfahren, um die letzte Stange der vierten Reihe mit der Kolbenstange zu verbinden.

Die eiserne Stange **X** ist mit der Kolbenstange mittelst eines Muffs **l** und doppelter Schließkeile verbunden.

Zweites Gestänge: Eiserne Ketten. Das eiserne Gestänge besteht aus einer ähnlichen Kette, wie die sind, welche man bei den Kettenbrücken anwendet, allein sie sind mit größerer Sorgfalt ausgeführt. Es besteht aus einem Bündel von 4 Quadratstäben, von denen je zwei auf solche Weise mit einander verbunden sind, um zwei Ketten von zwei vollkommen ähnlichen und neben einander liegenden Stäben zu bilden, Fig. 1 — 4, Taf. X.

Ein jedes von diesen Gestängen ist seiner Länge nach in gleiche Glieder getheilt, welche mittelst dreier Schienen vereinigt sind, durch welche zwei Hauptlöcher mit zwei Bolzen gehen, welche die Schienen und die Köpfe der Stäbe mit einander verbinden.

Diese zwei halben Ketten entsprechenden Gliederungen sind in ihrer Mitte durch zwei kleine eiserne Klammern verbunden, durch welche zwei Bolzen **b b**, Fig. 3 und 4, gehen. Auf diese Weise können diese Ketten nicht auseinander gehen, ohne daß sie jedoch ein unveränderliches Ganzes bilden; sondern sie behalten im Gegentheil das nützliche Vermögen, der Länge nach etwas verschiebbar zu sein, sobald man den sie vereinigenden Klammern etwas Spielraum gelassen hat.

Ein jedes von diesen doppelten Gliedern umfaßt, unabhängig von den 8 Stäben, von denen 4 und 4 einander gegenüber liegen, 6 Schienen, von denen je 3 durch 4 Haupt= und durch 2 kleine Bolzen verbunden werden, welche letztere den Klammern angehören. Alle Glieder, mit Ausnahme der beiden äußersten, welche sich mit den beiden Kolbenstangen verbinden, haben die gleiche Länge von 3,503 Meter von Miitte zu Mitte zweier auf einander folgender Glieder. Sie sind in 4 Reihen getheilt; in der obersten, der höchsten der Kette, haben die Querschnitte der Stäbe 0,049 Meter Seite: diese Dimension beträgt bei der zweiten nur 0,047 Meter, bei der dritten 0,045 Meter, und bei der vierten 0,043 Meter. Die Schienen und Bolzen der Glieder folgen auch einer ähnlichen Abnahme; so haben die Hauptbolzen resp. 0,049, 0,047, 0,045, 0,043 Meter Durchmesser; jedoch behalten die kleinen Bolzen und ihre Klammern überall dieselbe Stärke.

Die letzten Glieder der vierten Reihe sind von den übrigen dadurch verschieden, daß sie nicht beweglich sind. Die Köpfe der Stäbe laufen in Quadrate aus, und sie werden zwischen den Schienen mittelst Schließkeilen mit verstärkten Köpfen festgehalten, welche zu gleicher Zeit die kleinen Bolzen und Klammern der übrigen Glieder ersetzen und diesem Theile der Kette die erforderliche Steifigkeit gewähren. Es ist diese Verbindung in **D**, Fig. 5, Taf X., dargestellt.

Die Verbindung der äußersten Kettenglieder mit den Kolbenstangen bedarf keiner Erläuterung, wenn man einen Blick auf die Fig. 5 und 6, Taf. X., für die untere, und auf Fig. 1 und 2 für die obere Verbindung **R** wirft.

Eine Kette wie die so eben beschriebene, hat durchaus keine schwierige Anfertigung, wenn man die einzige Bedingung ausnimmt, daß die 4 Stäbe stets eine gleiche Spannung haben müssen.

Da die gleiche Spannung nur die Folge einer sehr sorgfältigen Ausführung aller Theile der Kette sein kann, so wurden dem mit ihrer Anfertigung beauftragten Fabrikanten folgende Aufgaben gemacht:

1) Die Köpfe der mit der größten Sorgfalt ausgeschmiedeten Stangen, so wie auch die Schienen, müssen kalt nach einem sehr genauen Modell durchbohrt werden.

2) Nachdem darauf die gleichen Stücke einer jeden Reihe, sowohl Stangen, als Schienen, auf einander gelegt worden sind, läßt man einen

Bohrer durch die entsprechenden Löcher gehen, bis daß sie alle nur eine und dieselbe fortlaufende und cylindrische Oberfläche von dem verlangten Durchmesser bilden.

3) Die Hauptbolzen müssen abgedreht und auch sorgfältig calibrirt sein, um genau und ihrer ganzen Länge nach die cylindrischen Räume auszufüllen, welche durch die Löcher in den Köpfen der Stangen und in den Schienen, durch welche sie gehen, gebildet worden sind.

Außer dieser Sorgfalt und außer mehreren anderen minder wichtigen Vorsichtsmaßregeln, die wir hier unberücksichtigt lassen können, konnte man auch noch, durch die Endverbindungen der Kettenglieder mit den Kolbenstangen, geringe Ungleichheiten zwischen den beiden halben Ketten, im Augenblicke des Aufhängens, verbessern. Endlich rechnete man auch auf die sehr ausdehnbare Beschaffenheit des sogenannten Seileisens, welches zu der Anfertigung der Ketten genommen worden war, und welches als Mittel angesehen werden konnte, um die letzten Ungleichheiten der Länge auszugleichen.

Die Dimensionen der Kette der Quere nach wurden in der Voraussetzung berechnet, daß jedes Quadratcentimeter des Durchschnitts gewöhnlich mit 550 Kilogr. belastet sei; allein sie mußte eine Probebelastung von 1500 Kilogr. auf das Quadratcentimeter tragen, welches 12 Stunden hinter einander angehängt wurde, und welches die Elasticität des Eisens nicht verändern durfte.

Steigröhren des Kunstsatzes. Die Steigröhren von jedem der Sätze, welche bei dem Stücke Ω, Fig 2, Taf. II., beginnen und sich bis zu dem Stollen erheben, bestehen aus gußeisernen Theilen. Diese Säulen sind senkrecht bis in die Nähe der Wasserhaltungsmaschine. Hier mußten Kurbeln angewendet werden, um die Röhrenhälse der Maschine zu vermeiden. Jede Säule endigt in einem Ausguß Ω, Fig. 1, Taf. VII., welcher das Wasser auf dem Stollen ausgießt. Die Röhren der emporsteigenden Säule haben von der Sohle bis zu 61 Meter unter dem Stollen 2,30 Meter Länge und 0,275 Meter innern Durchmesser. Ihrer Stärke nach sind sie in 5 Reihen getheilt, so daß dieselbe bei der untersten 0,056 Meter beträgt, und alsdann nach und nach gleich 0,048, 0,040, 0,032 und 0,024 Meter wird. Die letzten 61 Meter bestehen aus Röhren von 2,60 Meter Länge, 0,38 Meter innerem Durchmesser und 0,027 Stärke, die man benutzt hat, weil man sie einmal vorräthig hatte.

Verbindung der Röhrensäulen. Die Verbindung besteht im Allgemeinen aus Kränzen mit Büchsen oder mit Einfügung von kupfernen Muffen, welche wir schon beschrieben haben, und welche in den Fig. 6, 7 u. 8, Taf. II. abgebildet worden sind. Die Kranzverbindungen, mit oder ohne Büchsen, sind mittelst Hanfgeflechten, welche vorher in einem trocknenden Oele getränkt worden sind und die zwischen zwei Schichten von Kitt liegen, der aus Leinölfirniß, gebranntem Kalk und gehacktem Hanf besteht, welche man zwischen die Kränze legt, verdichtet. 5 Compensationsverbindungen mit Lederliderungen, ähnlich der über dem Ventilkasten angebrachten, Fig. 2, Taf. II., befinden sich in jeder Steigsäule von 170 Meter Länge.

Kraftverlust der Pumpen. Herr Junker hat es nachgewiesen,

daß die Pumpe, wenn sie in gutem Zustande befindlich ist, oben auf dem Stollen ein Wasservolum ausgieße, welches von dem durch den Kolbenlauf erzeugten nur um $\frac{1}{30}$ verschieden ist.

Vorsichtsmaßregeln gegen den Bruch der Pumpenstangen. Wir haben schon weiter oben die Mittel angegeben, welche man dazu anwendet, um die Geschwindigkeit der Pumpenstange zu vermindern und die Unfälle zu vermeiden, welche Gestängbrüche veranlassen würden. In diesem Falle würde der Treibkolben **P** der Maschine von unten nach oben durch den ganzen Druck der Kraftwassersäule, oder der Hinterwassersäule, je nachdem der Unfall während des Aufganges, oder während des Niederganges des Kolbens sich ereignete, zurückgestoßen werden. Statt daß man ihn nun bei seiner aufsteigenden Bewegung durch ein unübersteigliches Hinderniß aufzuhalten sucht, hat man die Einrichtung getroffen, daß er durch den obern Theil des Cylinders hinausgehen kann. Zu dem Ende hat man diesen mit einer Art von Gerüst oder Rahmen versehen, der aus 6 eisernen Säulen y, Fig. 6, Taf. IV. besteht, die oben durch einen eisernen Reif oder Kranz y' versehen sind. Dieser Rahmen würde den Kolben bei seinem Heraustreten aus dem Cylinder leiten; über demselben ist ein hölzernes Gerüst befindlich, welches gewissermaßen ein letztes Hinderniß gegen das Aufsteigen des Kolbens bildet. Uebrigens hat man die Kolbenstange lang genug gemacht, so daß der Verbindungsmuff l nicht gegen die Stopfbüchse am Boden des Treibcylinders stoßen kann. Wenn demnach das Schachtgestänge zerbricht, so wird das in der Kraftwassersäule, oder in der Hinterwassersäule befindliche Wasser dem Tiefsten des Schachtes zufallen. Durch Verschließung einer Klappe am obern Theile der Einfallröhren würde man das weitere Abfließen der Kraftwasser verhindern. Es sind selbst Vorsichtsmaßregeln getroffen, damit im Fall einer Nachlässigkeit von Seiten des Maschinenwärters die Kraftwassersäule nicht mehr gespeist würde, nachdem der Spiegel in dem obern Wasserbehälter um ein Gewisses gesunken wäre.

Der Nutzeffect des Wassergefälles hat noch nicht bestimmt werden können, und zwar aus dem Grunde, weil, da die ganze Triebkraft bis jetzt weit über der Last stand, welche der Hebung der Wasser durch die Kunstsätze entspricht, die Wirkung des Kraftwassers auf den Treibkolben dadurch gemäßigt werden mußte, indem mittelst des Klappenventils **V W**, Fig. 6, Taf. **IV.** den Durchgang der Kraftwasser bedeutend verengte. Herr Junker schätzt den Nutzeffect auf 0,45 von der verbrauchten Kraft, allein er nimmt an, daß nach Vollendung der ganzen Maschine sich das Verhältniß auf 0,646 erheben würde, und diese Annahme wird durch die Resultate gerechtfertigt, welche mit Wassersäulenmaschinen in Bayern, am Oberharz, im sächsischen Erzgebirge und in Ungarn erlangt worden sind. Die Geschwindigkeit der Maschinen und Pumpenkolben wird von Herrn Junker, bei einem regelmäßigen Betriebe zu 0,30 beim Aufgange, und zu 0,70 beim Niedergange der Kolben in der Minute angenommen. Diese letztere Geschwindigkeit wird durch den Gewichtsüberschuß der Gestänge und der Kolben über die von dem Maschinenkolben gehobene Wassersäule und über die anderen Gegengewichte bestimmt.

Wassersäulenmaschinen zu Clausthal am Harz. — Nach der vorhergehenden Beschreibung einer der neuesten und besten Wassersäulenmaschinen, von denen wir auch gute und genaue Abbildungen mitgetheilt haben, wenden wir uns noch zu einer andern Maschinenanlage dieser Art, im Allgemeinen nach denselben Principien eingerichtet, die in mancher Beziehung noch vollkommener ist, nämlich von der im Silbersegner Schacht auf dem Rosenhöfer Zuge zu Clausthal. Nach dem Vorhergehenden wird diese Beschreibung auch ohne Abbildungen deutlich werden.

Der Silbersegner Richtschacht, dessen Teufe gegenwärtig vom Tage ab 176½ Lachter oder 1176⅔ Fuß beträgt, ist seiner Länge nach in die gewöhnlichen zwei Raumabtheilungen des Treibschachtes und des Fahr- und Maschinenschachtes gesondert; ein Stempelschlag, der sogenannte Schachtscheider, trennt beide Räume. Acht Lachter (53⅓ Fuß) unter Tage ist im Niveau der Kehrradsstubensohle ein Röschenort an dem Schachtgetriebe; auf demselben liegt ein Behälter von Bohlen mit abgetheiltem Fachwerk, der die Aufschlagwasser zuerst aufnimmt, solche mittelst eingestellter Gitter und Drahtfächer von den mitkommenden Unreinigkeiten läutert und dann die erforderliche Wassermenge unter einer Schützstellung durch einen gußeisernen Röhrenstrang in den obersten Einmündungskasten am Schachte ablaufen läßt. Von dem letztern Punkte sendet ein Luttenstrang, gleichfalls von gußeisernen Röhren, jene Wasser im freien Falle durch 19 Lachter oder 126⅔ Fuß Teufe bis auf den Rabenstollenquerschlag; ihre Ausmündung erfolgt zunächst in einem ersten Behälter, von Bohlen construirt, und ihr Abfluß auf den erwähnten Querschlag in einem Gerinne aus der obern Bortenhöhe dieses Behälters. Vorgenommene Messungen haben ergeben, daß der Rabenstollen aus den oberen Teufen des Rosenhöfer Zuges eine Wassermenge sammelt, die außer der Regen- und Fluthzeit in der Nähe des Richtschachtes 8 — 16 Cubikfuß pro Minute betragen hat. Es war rathsam, von diesen Stollenwassern für die Wassersäulenmaschinen Gebrauch zu machen, um so viel weniger dem Betriebe der jetzigen 13 Thalspochwerke durch den Fehlschlag aus der Kehrradsrösche zu entziehen. Diese zufällige Wasserbenutzung, im Durchschnitt ⅜ des Aufschlagebedarfs für eine der Säulenmaschinen, kann stattfinden, so lange das Reservegefälle von 135 Fuß bis zum Rabenstollen unbenutzt bleibt. Nach Vermischung der Tagewasser mit denen des Rabenstollens gelangen solche durch ein verdecktes Gerinne in den letzten, gleichfalls verdeckten Läuterungsbehälter und aus diesem unmittelbar in die eigentliche Fallröhre; sie passiren zuvor eine abermalige Säuberung durch Stabgitter und Drahtfächer, und bilden nun von hier ab in einer geschlossenen Verbindung bis zum Treibcylinder mit 688 Fuß Druckhöhe die wirkende Kraftsäule der Maschine. Bei einer fortgesetzten Schachtbefahrung niederwärts wird der Beobachter zunächst nur durch die einfache Betrachtung der Fallröhre und durch die Art des Schachtbaues unterhalten. Die Einfallröhren von Gußeisen haben 6 Zoll im lichten Durchmesser, und bei der normalen Stücklänge von 5 Fuß in Bezug auf das Niveau ihrer relativen Druckhöhe drei verschiedene Wandstärken: von ¾, 1 und 1¼ Zoll; sie sind an den Enden mit Scheibenrändern zu 4 Schraubenlöchern versehen; die

Dichtung ihrer Wechsel geschieht durch gelöthete Büchsen von Kupferblech, welche auf der Mitte ihres äußeren Umfanges hervorgetriebene Ränder haben, und die unter der aufgetragenen Hülle eines geeigneten Kittes zwischen den Wechseln eingesetzt und nebst dieser Verkittung bis auf eine angemessene Fuge kräftig zusammengeschraubt werden. Den Bau des Maschinenschachtes anlangend, so ist derselbe, theils um ein Gesteinsmittel als Bergfeste nahe über dem tiefen Georgstollen, theils um eine deckende Förste nahe über dem Standorte der Treibcylinder zu erlangen, mit abwechselnder Durchbrechung, hier auf den Abstand von 2 Lachter vom Treibschachte morgenwärts abgesondert, und die Fallröhre durch stumpfwinklige Krummröhrenstücke dahin abgelenkt werden.

In 76 Fuß Teufe unter dem Querschlage zum tiefen Georgstollen befindet sich der Standort für die Kraft- und Treibcylinder der im Systeme ihrer Wirkung völlig getrennten, einfach wirkenden zwei Säulenmaschinen. Die Grundfeste der Treibcylinder bilden drei von behauenen Granitquadern mit Zwischenräumen von 4 Fuß neben einander aufgeführte Steinpfeiler, die auf flachen Wölbbogen ruhen, deren Widerlagen in den Wangen der langen Schachtstöße ausgeschrämt sind. Sie sind auf ihrer obern Lagefläche mit starken gußeisernen Platten bedeckt. Auf diesen Platten ist für jeden der Treibcylinder, dessen unterwärts verankertes, gleichfalls von Gußeisen construirtes Fußgestell errichtet, dergestalt, daß die Achse dieses Cylinders in der Mittelgrundlinie des Schachtes und genau lothrecht über dem Achsenpunkte desjenigen der Pumpe steht. Anders ist der den Pumpencylinder standfest verwahrende Einbau. Weil an diesem der vorwaltende Angriff nach oben wirkt, so mußte dessen Ablagerung auf einer gußeisernen Sitzplatte wesentlich gegen das Aufheben durch angebrachte Ankerschrauben gesichert werden. Deßhalb, und weil zugleich die Unterstützung eines mit der tiefen Wasserstrecke communicirenden Grundwasserbehälters, ingleichem die Ablagerung der Pumpenventilbehälter nebst der Saug- und Steigröhre, über dem leeren Schachtgesenke zu vermitteln war, so erforderte der von starkem Eichenholz gewählte Verband dieses Lagerwerks den kostspieligen Aushieb beträchtlicher Versetzungen in den beiden langen Schachtstößen, der ungeachtet einer derben Festigkeit der hier anstehenden Grauwacke, doch nur mit Schlägel und Eisen verführt werden durfte. Der Kolbenstange eines jeden Treibcylinders, die in einer an dem Bodenstücke sitzenden Stopfbüchse abgelidert (d. i. wasserdicht umgürtet) wird, ist mittelst einer Schraubenmuffe das Schacht- oder Pumpengestänge angeschlossen; dieses Gestänge, lothrecht hängend, erreicht mit 253⅔ Fuß Baulänge die Kolbenstange des betreffenden, nahe über der tiefen Wasserstrecke stehenden, einzigen Pumpencylinders zur Grundwasserhebung. Aus dieser einfachen Verbindung ohne ein sonstiges Zwischengeschirr erhellet, wie beim Anheben des Treibkolbens, durch den Druck seiner Wassersäule in der Einfallröhre auch das verbindende Schachtgestänge und mit diesem, gleichfalls durch eine Schraubenmuffe verknüpft, in gleicher Zeit und auf gleiche Höhe auch der Pumpenkolben steigen, so wie umgekehrt, nach Absperrung der Kraftwasser mittelst der Steuerung im Sinken des Treibkolbens auch der Pumpenkolben niedergehen muß. Die Lastpumpe saugt nur auf die ge-

ringe Höhe von höchstens 17 Fuß im Niedergange der Kolben und des Schachtgestänges an; sie hebt aber im Aufsteigen der Kolben und des Gestänges die Wasserfüllung ihres Cylinders in einer bis zum Abgusse auf den tiefen Stollen unterbrochenen Steigröhre 344 Fuß hoch ab. Weil die Sauglast der Pumpe nur einen Theil des Gewichts von dem Gestänge und den Kolben als bewegende Kraft in Anspruch nimmt, so muß das von dem Gestänge noch übrig bleibende Ballastgewicht im Niedergange für eine angemessene Geschwindigkeit besonders abgewogen werden. Dieses Gegengewicht leistet ein von den verbrauchten Kraftwassern in einer 80 Fuß senkrecht hohen Hinterröhre gebildeter Wasserbalancier, der zuerst bei dieser Säulenmaschine in Anwendung gebracht worden.

Das untere Ende der Einfallröhre bildet ein im Viertelkreise gebogenes Krummröhrenstück. Zwischen diesem und dem Treibcylinderhalse liegt in fugendichter Verbindung der Steuerungsapparat. Er besteht in drei achsenrecht über einander gestellten Cylindern mit eben so vielen Kolben an einer gemeinschaftlichen, durch ein Kugelgewinde im mittleren Kolben abgeliderten Stangenverbindung. Der mittlere dieser drei Kolben mit 6,036 Zoll Durchmesser ist der eigentliche Wechselkolben, ein schiebbarer Pfropfen, der die Druckwasser der Fallröhre vom Treibcylinder abschließt — zugleich aber die vorausgegangene Wasserfüllung am Ende des aufsteigenden Krafthubes aus jenem Cylinder in die seitwärts mit zweifachen Krummstücken angeschlossene Hinterröhre entweichen läßt — wenn er über der ringförmigen Halserweiterung steht, und umgekehrt am Ende des Treibkolbenniederganges den Eintritt der Kraftwasser aus der Fallröhre zuläßt — den Abzug in die Hinterröhre aber absperrt — wenn er unter derselben Halserweiterung seinen Standpunkt hat. Ein zeitgemäßes Steigen und Sinken dieses mittlern Steuer- oder Wechselkolbens bewirken zwei Gegenkolben, der eine mit 4,1344 Zoll Durchmesser oberwärts, der andere mit 5,8055 Zoll Durchmesser unterwärts vom Wechselkolben. Es ist nämlich der obere Gegenkolben dem beständigen Druck der Kraftwassersäule auf seiner untern Fläche ausgesetzt, während der untere Gegenkolben mit seiner untern Fläche nur abwechselnd einmal den Druck der Kraftwassersäule empfängt — wenn das System der drei Steuerkolben zum Aufsteigen — und andern Falls nur dem Drucke der Hinterwassersäule exponirt ist — wenn dasselbe zum Niedergange gebracht werden soll.

Diese Nebenanwendung der Wasserkraft zum Betriebe der Steuerung mit dem Principe eines mittleren Wechselkolbens ist eine der wichtigsten Verbesserungen der Wassersäulenmaschinen durch Herrn von Reichenbach.

Ist man auf dem Standorte des Treibcylinders, so nimmt man wenig von der sonst für Auge und Ohr wohl bemerkbaren Lebensthätigkeit einer kräftigen Maschine wahr. Man erblickt bei dem Scheine des Grubenlichtes die dem äußern Ansehen nach wirkungslosen Haupttheile: den Kraft- und Steuercylinder und eine dreifache Röhrensäule, die der Aufschläge-, Hinter- und Hubwasser, welche Röhren von hier bis zum tiefen Georgstollen Querschläge neben einander auf gemeinschaftlichen Lagern ruhen. Fest in der Höhe von 6 Fahrten, 80 Fuß über dem vorigen Standorte, findet man anschaulicher

die Ursache und Wirkung einer thätigen Maschinenkraft, in den wechselnden Abgüssen der Kraft und Lastwasser, von denen die ersteren aus der Hinterröhre, die letzteren aus der Steigröhre kommen, welche beide Röhrensäulen hier im Niveau des tiefen Georgstollens endigen, während die Fallröhre, deren Begleiter sie bis zu der oben angegebenen Höhe waren, ihr Aufsteigen fortsetzt. Ein voller, auf 6 Fuß Kolbenzuglänge normirter Aushub des Kraftcylinders erfordert einschließlich der Steuerwasser, die nur 3 Procent vom ganzen Aufschlagwasserbedarf ausmachen, kaum 8 (genauer 7,980) Kubikfuß; diese Wassermenge giebt die Hinterröhre in jedem einfachen Abgusse des Treibcylinders vom tiefer liegenden Punkte ihrer Wirkung zurück und wechselt in regelmäßiger Zeitfolge mit dem Abhube des Pumpencylinders von gleichfalls 8 (genauer 8,043) Kubikfuß Inhalt, der seine Grundwasser aus 361 Fuß Teufe an diese Abgußstelle hinauf sendet. Nach dem Verhältnisse dieser Abgußmenge ist mithin das Opfer der Kraft, dem Erfolge ihrer Wirkung, quantitativ betrachtet, fast gleich; bei höchstens 4 Spielen pro Minute = 32 Kubikfuß. — Eine genaue Beschreibung dieser Maschinen, durch treffliche Abbildungen erläutert, findet man in Karstens Archiv, 2. Reihe, Bnd. 10, S. 235. ꝛc.

III. Dampfmaschinen.

Man kann zum Betriebe der Kunstsätze Dampfmaschinen von verschiedener Construction anwenden, sowohl einfach als doppelt wirkende. Einfach wirkende Maschinen, von mittlerem Druck, mit Expansion und Condensation, bei denen die neuesten Vervollkommnungen angebracht worden sind und wie sie zuerst bei den Cornwalliser Maschinen angewendet wurden, so wie auch für leichtere Kunstsätze, Maschinen ohne Balancier und mit directer Einwirkung, haben einen so großen Vorzug vor allen übrigen Arten von Wasserhaltungsmaschinen, daß wir hier davon eine genauere Beschreibung geben werden.

Kessel. Die Taf. IX. stellt die Maschine von 80 engl. Zoll (2,032) Durchmesser dar, welche auf einem Schachte der consolidirten Gruben bei Redruth in der Grafschaft Cornwall aufgestellt worden ist. Sie kann den Dampf aus 3 Kesseln erhalten, welche nur in dem Falle zusammen im Betriebe sind, in welcher die Maschine mit ihrer ganzen Kraft wirken muß. Jeder dieser Kessel besteht aus einem blechenen Cylinder mit einer innern Röhre, in welcher der Rost angebracht ist. Die gemeinschaftliche Länge des Kessels und der Röhre beträgt 10,973 Meter. Der äußere Durchmesser des Kessels beträgt 2,133 Meter; die Blechstärke 11 Millimeter; die Entfernung von dem niedrigsten Punkte der Röhre bis zum untersten Punkte des Kessels 0,203. Der Röhrendurchmesser ist gleich 1,22 Meter. Der am vordern Theile angebrachte Rost dehnt sich auf eine Länge von 1,22 Meter aus; am Ende des Rostes verschließt eine Mauer von Ziegelsteinen den untern Theil der Röhre und erhebt sich bis auf 0,23 Meter unter den höchsten Punkt des Cylinders. Die Flamme und die warme Luft gehen durch diese Fuge, durchströmen die ganze Länge der Röhre, gelangen zum Vordertheile des Kessels zurück, gehen unter demselben weg in eine 1,22 Meter breite

und 0,51 Meter hohe Leitung und strömen alsdann durch Seitenkanäle nach der am hintern Theile angebrachten Esse. Der den Rost enthaltende Theil der Röhre wird durch eine aufwärts gehende Schiebethür mit Gegengewicht verschlossen, die der Heizer bloß dann öffnet, wenn er schüren muß. Auf diese Weise dringt alle zur Verbrennung erforderliche Luft durch den Aschenfall und durch den Rost ein. Die einzige Esse, welche den Rauch von 3 Kesseln aufnimmt, ist ein nicht bedeutend hoher kegelförmiger Thurm, jedoch von bedeutendem Querschnitt. Es scheint, daß die englischen Ingenieure es erkannt haben, daß die cylindrischen Kessel ohne innere Röhren und selbst ohne Seitenkanäle für die Brennmaterialersparung eben so günstig seien, als die mit innerer Röhre. Dieß ist wenigstens die Meinung des Herrn John Taylor, in dessen Fabrik die Maschine erbaut wurde, welche neuerlich bei den Braunkohlenbergwerken des **Rocher bleu**, im Departement der Rohnemündungen, aufgestellt worden ist. Ich komme jetzt auf die Maschine der consolidirten Gruben zurück, indem ich es mir vorbehalte, später einige Details über die Dampfkessel im Allgemeinen zu geben.

Das Ganze der Maschine. Die Fig. 1, Taf. IX. ist ein Aufriß der Maschine. Die Fig. 2 ist ein Grundriß davon. Diese Figuren zeigen die Einrichtung des Cylinders, des Balanciers, des Schachtgestänges, der Ventile der Luftpumpen und der Speisepumpen.

Die Fig. 7, Taf. X. ist ein Grundriß des Cylinders und der Ventile, wodurch die Admission des Dampfes regulirt wird; man hat dabei alle übrigen Maschinentheile weggelassen, namentlich die, durch welche das Spiel der Pumpen bestimmt wird.

Die Fig. 8, Taf. X. ist ein Durchschnitt des Cylinders und seines Kolbens, nach einer senkrechten Ebene, welche durch die Achse des Cylinders geht.

Die Fig. 9, 10 und 11 sind Durchschnitte durch senkrechte Ebenen von den Ventilen der Maschine. Sie geben die Gestalt und die Dimensionen dieser Stücke an.

Um die Fig. 1 und 2, Taf. IX. nicht zu überladen, haben wir keine Buchstaben auf diejenigen Theile des Apparats gesetzt, welche keine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit darbieten. So bemerkt man die Stücke des Parallelogrammes, an dessen einem Ende die Kolbenstange befestigt ist. Der Steuerungsbaum **P**, welcher das Einströmen des Dampfes und das Spiel der Ventile regulirt oder steuert, ist ebenfalls an einem Punkte aufgehängt, welcher eine senkrechte Linie beschreibt. Diese Einrichtungen unterscheiden sich in Nichts von denjenigen, welche allgemein bekannt und angenommen worden sind.

Dieselben Buchstaben bezeichnen übrigens auf den Fig. 1 und 2, Taf. IX. gleiche Gegenstände.

a) Gehäuse mit einem Ventil, dessen Oeffnung während des Spiels der Maschine stets dieselbe bleibt. Man nennt es **governor salve**, Mäßigungsventil; es ist den Ventilen gleich, welche bei den rotirenden Maschinen gewöhnlich mit einem conischen Pendel verbunden sind. Der Durchschnitt dieses Ventils und seines Gehäuses ist in **a** Fig. 10, Taf. X. dargestellt.

Es ist im Bereich des Maschinenwärters, der es mehr oder weniger heben kann.

b) Gehäuse des Admissionsventils, top steam salve genannt, liegt zwischen dem vorhergehenden und dem obern Theile des Cylinders. Dieses Gehäuse steht mit a in Verbindung, so wie es der senkrechte Durchschnitt, Fig. 10, Taf. X. andeutet, welcher die Form des Ventiles zeigt.

c) Gehäuse des Gleichgewichtventils (exquilibrium salve). Es ist am obern Theile eine Röhre T angebracht, die mit dem untern Theile in Verbindung steht, und auch mit dem obern Theile des Cylinders verbunden ist. Wenn das Ventil, welches es umschließt, geöffnet ist, so sind die beiden durch den Kolben geschiedenen Theile des Cylinders durch die Röhre T verbunden. Die Fig. 9, Taf. X. ist ein senkrechter Durchschnitt des Gehäuses von dem Gleichgewichtsventil und der Röhre T.

E Gehäuse des Entleerungsventils (exhaustion salve); das Innere dieses Gehäuses steht mit dem untern Theile des Gehäuses in Verbindung, und wenn das Ventil geöffnet ist, so ist der untere Theil des Cylinders in Verbindung mit dem Condensator H durch die Röhre T' gesetzt. Die Fig. 11, Taf. X. ist ein senkrechter Durchschnitt des Gehäuses und des darin enthaltenen Ventils. R R Luftpumpen, deren die Maschine zwei hat, wie man aus dem Grundrisse, Fig. 2, Taf. IX. ersieht.

S Theil von dem Schachtgestänge.

s Luftpumpenstange.

X Speisepumpe, eine Saug- und Druckpumpe.

s' Speisepumpenstange.

Y Saugrohr der Pumpe X.

Z Z Enden von den Röhren, durch welche das von dem Kolben ausgedrückte Wasser den Kesseln zugeführt wird.

M Vordere Mauer des Maschinengebäudes, auf welcher die Balancierzapfen ruhen.

N Mauerwerk, auf welchem der Cylinder mittelst langer Schraubenbolzen, welche durch dasselbe gehen, befestigt worden ist.

C Cataract oder Hubzähler genannter Apparat, mittelst welchem man, nach Erfordern, die Anzahl der Kolbenhübe in einer gegebenen Zeit regulirt.

A sogenannter Fangapparat an dem Balancierende, auf der Seite der Kolbenstange. Ein Querriegel von Holz oder von Eisen, der horizontal daran befestigt ist, stützt sich, wenn der Kolben ganz in der Nähe des untersten Punktes seines Laufs ist, auf 2 Stücken Holz B, welche auf dem Balken angebracht sind, zwischen denen sich der Balancier bewegt. Diese Stücken B federn, und verhindern einen Stoß des Kolbens gegen den Cylinderboden. Der Maschinenwärter wird durch diesen Stoß benachrichtigt, daß er die bei jedem Kolbenhube eingelassene Dampfmenge vermindern müsse. Zuweilen berührt der an A befestigte Riegel eine Glocke, ehe er an die Stücke B stößt. Wird diese Glocke nicht berührt, so ist dies für den Maschinenwärter ein Zeichen, daß der Kolben bei seinem Niedergange nicht seinen ganzen Hub gemacht habe.

Ehe wir eine specielle Beschreibung von dem Spiele der Maschine und von den Mechanismen geben, welche die Ventile öffnen und verschließen, ist es nothwendig, die Construction derselben kennen zu lernen. Wir müssen uns zu dem Ende auf die Fig. 9, 10 u. 11, Taf. X. beziehen.

Das Mäßigungsventil (governor salve), Fig. 10, ist ein gewöhnliches Kegel- oder Schalenventil. Die von den Kesseln kommende Dampfröhre verzweigt sich auf die Oeffnung 1, und der Dampf dringt durch eine Oeffnung, welche man durch die größere oder geringere Hebung des Ventils 2 größer oder kleiner macht, in das Gehäuse a. Von da aus verbreitet sich der Dampf in das Gehäuse b des Admissionsventils 3; ist dasselbe geöffnet, so durchströmt er es und gelangt durch die Oeffnung 4 durch den obern Theil des Cylinders. Ein Blick auf die Fig. 9, 10 u. 11 zeigt, daß die 3 Ventile, das Admissions-, Gleichgewichts- und Entleerungsventil, gleiche Formen haben und sich nur durch ihre Dimensionen unterscheiden. Es ist demnach hinreichend, nur ein einziges, z. B. das Entleerungsventil, Fig. 11, welches das größte von allen ist, zu beschreiben. Die Fig. 12 ist ein horizontaler Durchschnitt dieses Ventils. Die schraffirten Theile zeigen die durchschnittenen Theile des Gehäuses. Das Ventil besteht ganz aus Bronze, die Stangen jedoch aus Schmiedeeisen. Es besteht aus zwei Theilen, aus einem festen d und aus einem andern i i, der beweglich und mit der Stange t verbunden ist. Der Theil d ruht mit seiner Peripherie auf einem polirten Sitze, welcher sehr genau abgeschmirgelt ist, auf welchem er mittelst einer untern Querstange k und mittelst der Bolzen h h befestigt ist, deren Muttern in dem untern Theile der Querstange k eingelassen sind. Sie hat die Form eines hohlen Cylinders, welcher oben in eine ebene Fläche endigt, unten offen, und dessen cylindrische Wand durchbrochen ist, d. h., aus kleinen Stäben besteht, welche durch größere offene Räume getrennt sind. Die massiven Theile oder Seiten sind oben und unten mit zwei vollen Ringen verbunden, welche den Rand von dem Deckel des Cylinders und den Fuß bilden, womit er auf dem Sitz aufruht; um die massiven Theile der cylindrischen Oberfläche zu verstärken, sind sie mit den Scheidern verbunden, welche nach der Achse des Cylinders laufen. Die Bolzen h h sind in einer cylindrischen Höhlung verbunden, welche in zweien von diesen, zu dem Ende verstärkten Scheidern angebracht sind. Es folgt aus dieser Construction, daß, wenn der bewegliche Theil weggenommen wäre, der das Gehäuse E ausfüllende Dampf frei durch die Oeffnungen des festen Theils eindringen würde.

Der bewegliche Theil i i ist ein hoher fester Körper von ringförmiger Gestalt, welcher oben und unten offen ist. Mit der Stange t ist er durch zwei, ein Kreuz bildende Stäbe, wie b b, welche hoch, aber schmal sind, und viel Dampf durchlassen, verbunden. Wenn dieser Theil nicht gehoben ist, so ruht er auf dem festen Theile mittelst zweier Theile conischer Oberflächen s s, s' s', welche gleiche Oberflächen bedecken, die an dem obern und untern Umfange des festen Theils befindlich und sehr sorgfältig polirt sind. Zwischen diesen nur sehr schmalen Theilen von conischen Oberflächen ist der bewegliche Theil i i erweitert, so daß sein innerer Umfang nur den äußern Umfang des festen Stücks mittelst der beiden conischen Oberflächen s s und s' s'

berührt. Wenn demnach das bewegliche Stück auf das festliegende fällt, und die Oberflächen s s, s' s' in Berührung mit ihren Sitzen stehen, so kann der in E befindliche Dampf nicht durch das Ventil strömen; folglich findet keine Verbindung zwischen dem untern Theile des Cylinders und dem Condensator statt. Wenn man aber den beweglichen Theil hebt, so wie es auf Fig. 11 angegeben ist, so daß die conischen Oberflächen s s, s' s' ihre Sitze verlassen, so dringt der Dampf sofort durch den obern Theil des beweglichen Stücks ein, strömt in die Erweiterung desselben, und durch die durchbrochene Oberfläche des festen Theils, während er zu gleicher Zeit unmittelbar in das Innere desselben festen Theils durch die leeren Räume eindringt, welche der untere Theil des beweglichen Stückes i i durch die Hebung offen gelassen hat.

Die Stange t geht übrigens durch den Deckel des Ventilgehäuses E, welches zu dem Ende mit einer Stopfbüchse versehen ist.

Die Erfindung dieser Ventile rührt von Herrn Hornblower, einem sehr geschickten Cornwalliser Ingenieur, her. Sie werden ausschließlich bei den neuen Wasserhaltungs-Dampfmaschinen angewendet; sie gewähren den Vortheil, dem Dampfe sehr weite Durchgänge zu gestatten, ohne daß zu ihrer Hebung, ungeachtet des ungleichen Drucks von dem Dampfe auf beiden Seiten, sehr schwere Gegengewichte erforderlich wären. Neuerlich sind diese Ventile auch, wie wir bereits weiter oben sahen, von den Herren Harvey und West, mit einigen Abänderungen, auf die Druckpumpen angewendet worden.

Die Fig. 8, Taf. X. zeigt, daß der Cylinder von einem Mantel oder von einem zweiten Cylinder umgeben ist; der leere Zwischenraum steht mit dem Kessel in Verbindung und wird voll Dampf mit der Temperatur, in welcher er erzeugt worden ist, erhalten. Der Deckel und der Boden des Cylinders sind ebenfalls doppelt. Der Raum zwischen dem Mantel und dem Cylinder ist mit dem Dampfe im Kessel durch eine Röhre in Verbindung gesetzt, welche in den obern Theil dieses Raums ausläuft. Das Condensationswasser in dem Mantel fließt zu dem Wasser durch eine Röhre zurück, welche von dem untern Theile des Mantels nach dem Kessel unter dem Wasserstande geht. Die beiden Röhren werden während der ganzen Zeit offen erhalten, in welcher die Maschine im Betriebe ist. Der Kolben, der in Fig. 8 im Durchschnitte dargestellt worden ist, ist mit einer Hanfliderung versehen, welche oben mit Hülfe eines Kreises zusammengedrückt wird, der aus rechtwinkelig gebogenen Segmenten besteht und durch Schrauben angezogen wird, welche sich auf gekrümmten Bolzen drehen, die in der Gußeisenstärke eingelassen sind.

Spiel der Maschine. Wir kommen auf die Fig. 1 u. 2, Taf. IX. zurück, um das Spiel der Maschine zu erläutern; wir lassen das Mäßigungsventil a zuvörderst ganz unberücksichtigt, indem dessen Oeffnung constant ist. Der treibende Dampf wirkt auf den Kolben, um ihn niederzudrücken. Er hebt alsdann mit Hülfe des Balanciers das Schachtgestänge. Während dieser Bewegung ist das Exhaustionsventil E geöffnet, so daß der untere Theil des Cylinders in Verbindung mit dem Condensator steht. Wenn der Kol-

ben niederzugehen beginnt, so ist das Ventil b, durch welches die Dämpfe einströmen, durch die Einwirkung des Cataracts C geöffnet. Der Kolben sinkt; sobald er einen Bruch durchlaufen hat, der $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ seines Laufs beträgt, so schließt der Steuerungsbaum P das Admissionsventil, und der übrige Theil des Laufs wird unter dem abnehmenden Drucke des sich ausdehnenden Dampfes vollendet; wenn der Kolben am untersten Punkte seines Laufs ist, so verschließt der Steuerungsbaum die Exhaustionspumpe E und öffnet das Gleichgewichtsventil c. Das Gewicht des Schachtgestänges veranlaßt den Aufgang des Kolbens, der alsdann auf seinen beiden Flächen mittelst des Dampfes gleichen Druck erleidet, und indem er zu gleicher Zeit das Wasser in den Steigröhren im Schachte in die Höhe drückt. Am Ende der aufgehenden Bewegung verschließt der Steuerungsbaum P das Gleichgewichtsventil, und der Kolben bleibt so lange in Ruhe, bis daß der Cataract nach einander das Exhaustions- und das Admissionsventil öffnet. Auf diese Weise sind stets zwei auf einander folgende Kolbenhübe durch einen Zwischenraum der Ruhe getrennt, dessen Dauer mittelst des Cataracts, nach Belieben regulirt werden kann, so wie wir es sogleich erklären wollen.

Cataract. In Fig. 1 ist der Kolben auf dem höchsten Punkte seines Laufs, und alle Ventile sind, mit Ausnahme des Mäßigungsventils a, verschlossen. Der Cataract C, Fig. 1 u. 2, besteht aus einer kleinen Kolbenröhre p p, welche in einem mit Wasser gefüllten Kasten steht. In dieser Kolbenröhre bewegt sich ein massiver Kolben, dessen Stange durch Gliederung mit einem Arme l verbunden, der an einer horizontalen Welle N N befestigt ist. Auf derselben Welle sind befestigt, eines Theils ein Stück Eisen M am Ende eines langen Hebelarms, welches übrigens von der Welle entfernt, oder derselben genähert werden kann; andern Theils ein langer Hebel L, der dicht an dem vordern Theile des Steuerungsbaumes P durchgeht, und der von oben nach unten durch die Knagge Q, welche an diesem Baume befestigt ist, niedergedrückt wird, wenn der Steuerungsbaum abwärts geht. Endlich ist ein Arm l′, der ebenfalls an der Welle N N sitzt, mit einer langen senkrechten Stange von Schmiedeeisen verbunden, welche senkrecht hinter den Steuerungsbaum und horizontal unter den Stücken y und y′ angebracht ist, so daß man sie in der Abbildung nicht sehen kann. Diese Stange, welche in Rahmen geleitet wird, die an Maschinentheilen befestigt worden sind, hebt beim Aufgange: 1) das Stück y, Fig. 1, welches sich um eine horizontale Achse a dreht; 2) das Stück y′ welches sich um eine horizontale Achse a′ bewegt. Wenn die Knagge Q beim Niedergange des Steuerungsbaumes auf den Hebel L drückt, so senkt sich die durch den Hebel i′ gehaltene Stange. Der Cataractkolben, sowie das Eisenstück M heben sich aber. Der Kolben saugt das Wasser aus dem Kasten an, welches durch ein Ventil geht, die in der horizontalen Röhre am untern Theile der Kolbenröhre angebracht worden ist, und welches Ventil sich von außen nach innen öffnet. Wenn sich der Steuerungsbaum hebt, so übt das Eisenstück M mittelst des Cataractkolbens einen Druck auf das eingeführte Wasser aus. Da dieses nun nicht mehr durch das Eingangsventil dringen kann, so strömt es durch eine mit einem Hahne versehene Oeffnung in der Seite aus, den man mehr oder weniger

öffnet, je nachdem der Kolben schneller, oder langsamer hinabgehen soll. In dem Maße, als der Kolben sinkt, hebt der Hebel l' die senkrechte Stange, welche bei einer aufsteigenden Bewegung zuvörderst das Stück y hebt, und einige Secunden darnach das Stück y'. Es ist in dem Augenblicke, in welchem dieses letztere gehoben wird, daß der Dampf aus dem Kessel auf den Kolben strömt, der alsdann seinen Niedergang beginnt. Einige Secunden vorher hatte der Cataract, durch Hebung des Stückes y, das Exhaustionsventil losgehakt und dem Dampfe, welcher den Cylinder füllte, und der bei dem vorhergehenden Hube gewirkt hatte, einen Weg nach dem Condensator eröffnet.

Man sieht demnach, daß, wenn man will, daß die Kolbenhübe der Maschine ohne Ruhezwischenräume auf einander folgen sollen, man die Oeffnung des Cataracthahns so reguliren müsse, daß die senkrechte Stange, welche sie bewegt, das Stück y unmittelbar darauf erhebt, nachdem der Kolben seinen höchsten Stand erreicht hat. Braucht man dagegen nur eine geringe Anzahl von Kolbenhüben in einer gegebenen Zeit, so wird man den Cataracthahn um so mehr verschließen; die Ruhezwischenräume zwischen zwei auf einander folgenden Kolbenhüben werden demnach nach Belieben regulirt.

Spiel der Ventile. Das Spiel der Ventile läßt sich nun jetzt leicht erklären. Die senkrechte Cataractstange hebt bei ihrem Aufgange zuvörderst das Stück y, Fig. 1; sie hakt dadurch ein an der Stange τ hängendes Gegengewicht los. Die horizontale Welle, an welcher der Griff m, Fig. 1 u. 2, befestigt ist, dreht sich, und das Exhaustionsventil wird mittelst Stangen gehoben, die durch Gliederungen λ^1 λ^2 λ^3 mit der Welle ν und mit dem Gabelhebel oder mit dem Bügel φ an dieser Welle befestigt sind. Der den Cylinder ausfüllende Dampf ist alsdann verdichtet, allein der Kolben geht nur um einige Centimeter herab. Die Cataractstange, welche sich zu erheben fortfährt, hebt bald darauf das Stück y' und hakt auf diese Weise das Gegengewicht los, welches an der Stange τ' aufgehängt ist. Die horizontale Welle μ μ, Fig. 2, an welcher zwei gekrümmte Eisen σ σ Fig. 1, befestigt sind, die mit einander den Steuerungsbaum P umfassen, drehen sich und heben das Admissionsventil mittelst der durch Gliederung mit einander verbundenen Stäbe λ'^1 λ'^2 λ'^3 der horizontalen Welle μ' und des Hebels φ', Fig. 2. Alsdann geht der Kolben durch den Dampfdruck nieder. Bemerken wir, daß die Stücke σ σ, Fig. 1, welche durch die Welle μ μ, Fig. 2, bewegt werden, welche eine Viertelumdrehung gemacht hat, sich alsdann in einer rechtwinkeligen Stellung von der in der Figur angegebenen befinden; sie umfassen alsdann den Steuerungsbaum P, welcher zu gleicher Zeit mit dem Kolben niedergeht.

Wenn letzterer $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ seines Laufs vollendet hat, so drücken die Leisten l, Fig. 1, die an zwei Seiten mit der Steuerungsstange verbunden sind, gegen die Hebel σ σ und schließen das Admissionsventil, indem sie das an der Stange τ' sitzende Gegengewicht wieder emporheben. Es muß bemerkt werden, daß die Hebel σ σ während des Niederganges der Steuerungsstange sich an die hintere Seite der langen Leisten t legen, so daß dieselben das Ventil geschlossen erhalten, bis daß das Stück Q den Hebel L genug niedergedrückt

hat, um die senkrechte Stange des Cataracts niedergehen zu lassen und auf diese Weise dem Stück γ', welches auf dem Ende dieser Stange ruhte, zu gestatten, wiederum die horizontale Stellung anzunehmen, die es in Fig. 1 hat und das Gegengewicht mittelst des Aufhalters oder Daumens aufzuhalten.

Der Kolben fährt alsdann durch die sich ausdehnenden Dämpfe wieder zu gehen fort. Wenn er seinen Lauf fast vollendet hat, so drückt die an der Steuerungsstange sitzende Leiste t' gegen den alsdann emporgehobenen Hebel m, führt ihn in die auf Fig. 1 angegebene Stellung zurück, schließt das Entwickelungsventil und hält das Gegengewicht τ an dem Stücke y mittelst des Daumens γ auf. Zu gleicher Zeit löst ein an einer Welle mit dem Hebel m sitzender Daumen mittelst eines Mechanismus, der nicht abgebildet, der aber denen derselben Art bei gewöhnlichen Maschinen analog ist, das am Ende der Stange τ'' befindliche Gegengewicht. Durch die Wirkung desselben dreht sich die Welle $\mu'' \mu''$, an welcher der Hebel n sitzt. Durch Drehung dieser Welle wird, mittelst der durch die Glieder λ''^1 λ''^2 λ''^3 vereinigten horizontalen Achse $\nu' \nu'$ und des Hebels φ'', das Gleichgewichtsventil gehoben. Der Kolben geht alsdann durch die Schwere des Schachtgestänges in die Höhe. Hat er bald seinen höchsten Stand erreicht, so hebt die Leiste t'' den Hebel n in die Höhe, führt ihn zu der in Fig. 1 angegebenen Stellung zurück und schließt auf diese Weise das Gleichgewichtsventil. Der Kolben bleibt, während alle Ventile geschlossen sind, in der ruhenden Stellung, in welcher ihn unsere Abbildungen darstellen, bis daß die mittelst des Cataracts emporgehobene senkrechte Stange die Exhaustions- und Admissionsventile von Neuem schließt.

Mittel, den Verbrauch der Dämpfe zu reguliren. Der Maschinenwärter, der mittelst des Cataracts den Zeitraum, welcher zwei Kolbenzüge von einander trennt, verschieden einrichten kann, ist auch im Stande, indem er die Leiste t an der Steuerungsstange verschiebt, den Zutritt der Dämpfe aus dem Kessel zum Cylinder zu vermehren oder zu vermindern. Diese Leisten müssen eine solche Stellung haben, daß das über dem Balancier angebrachte Querstück A bei jedem Kolbenzuge die elastischen Stücke B ohne Stoß berührt, welches etwas eher erfolgt, als der Kolben auf dem Cylinderboden anlangt. Der Maschinenwärter kann auch noch, ohne die Länge des Laufs zu verändern, nach welcher das Admissionsventil verschlossen ist, den Aufwand von Dämpfen vermehren oder vermindern, indem er das Regulatorventil mehr oder weniger öffnet, welches sehr leicht mittelst der senkrechten Stange geschieht, die er durch die Schrauben e und i höher oder niedriger stellt. Das Ende dieser Stange hebt den Hebel k und folglich die Stange f des Ventils a, mittelst der Welle i i und des an derselben befindlichen Hebels. Es geschieht stets mittelst des Regulatorventils, daß der Maschinenwärter in jedem Augenblicke die Bewegung der Maschine reguliren kann. Er muß sehr aufmerksam darauf sein, nicht zu viel Dämpfe zuströmen zu lassen, indem dadurch, daß der Kolben am Ende seines Niederganges noch eine zu bedeutende Geschwindigkeit besitzt, Brüche des Cylinderbodens durch heftige Stöße veranlaßt worden sind.

Wir werden später sehen, daß die Dauer eines jeden Kolbenzugs auch unabhängig von dem Zeitraume zwischen zwei auf einander folgenden Kolbenzügen ebenfalls veränderlich ist, und daß man die Geschwindigkeit des Kolbens im Verhältnisse zu der Menge der Grundwasser in der Grube einrichten kann. Obwohl die Abbildungen und alle Theile der Maschine sehr genau nach dem Maßstabe aufgetragen worden sind, so glauben wir doch, daß es von Nutzen und bequem sein wird, die wesentlichsten Dimensionen hier in Zahlen anzugeben. Alle Maße sind die englischen und das Gewicht ist das avoir du poids.

Der Druck der Dämpfe in den Kesseln wird durch kein Manometer angegeben, allein man nimmt an, daß sie fast gleich 25 Pfunden auf den Quadratzoll über dem atmosphärischen Drucke seien, welches $2\frac{2}{3}$ Atmosphären correspondirt. (Eine Atmosphäre wird bekanntlich durch den Druck von 15 Pfd. auf einen Quadratzoll Oberfläche ausgedrückt.) Um Wärmeverlust zu vermeiden, ist der Cylinder gänzlich von einem hölzernen Gehäuse oder einem Cylinder umgeben, der zwischen sich und dem gußeisernen Mantel einen ringförmigen Raum von 12 Zoll Weite, der gänzlich mit Sägespänen angefüllt ist, läßt. Der Cylinderdeckel ist ebenfalls mit einer Schicht von derselben Materie bedeckt und die gußeisernen Dampfleitungsröhren sind auch von quadratischen Kästen umschlossen, die ebenfalls Sägespäne enthalten. Es geht auf diese Weise sehr wenig Hitze verloren, und die Temperatur ist in dem Maschinengebäude nicht höher, als in einem gewöhnlichen Zimmer.

Hauptdimensionen. Der Kolbenhub beträgt 11 Fuß; seine Stange ist mit dem Schachtgestänge durch einen gußeisernen Balancier, der 25 Tonnen wiegt, verbunden. Die Arme des Balanciers sind ungleich; der, an welchem der Kolben der Maschine hängt, ist $18\frac{3}{4}$ Fuß lang, der andere, an welchem das Schachtgestänge befestigt ist, nur 14 Fuß. Es folgt daraus, daß der Hub des Schachtgestänges und der Pumpenkolben nur 8 Fuß 2 Zoll betragen. Direct gemessen, beträgt er nur 8 Fuß.

Die Röhren und Ventile gewähren den Dämpfen sehr weite Durchgänge; so hat die zum Condensator gehende Röhre 2 Fuß und die Röhre, welche die Räume im Cylinder über und unter dem Kolben verbindet, 18 Zoll im innern Durchmesser.

Die Durchmesser der Exhaustions- und Gleichgewichtsventile sind beiderseits diesen Röhren gleich. Dagegen ist der Durchschnitt des Ventils, durch welches die Dämpfe in den Cylinder gelangen, weit geringer und nur einem Kreise von 10 Zoll Durchmesser gleich. Der Eingang der Dämpfe kann auch außerdem noch durch das Regulatorventil, welches der Heizer handhabt, verengt werden.

Die Construction dieser Ventile ist dadurch sehr bemerkenswerth, daß ungeachtet des ungleichen Drucks auf beide entgegengesetzte Seiten sehr wenig Kraft erforderlich ist, um sie zu öffnen. Um den umgebenden Muff zu heben, ist es wirklich hinreichend, den Druck der Dämpfe auf eine kreisförmige Oberfläche von fast 1 Zoll Stärke und von einem Durchmesser zu überwinden, der dem den Dämpfen geöffneten Durchgange gleich ist. So hat

bei dem Entleerungsventile der Ring, auf welchen der zu überwindende Druck ausgeübt wird, nur 75 □Zoll Oberfläche, während der den Dämpfen geöffnete Durchgang 432 □Zoll hat. Die Oeffnung des Entleerungsventils, einige Secunden vor dem Zuströmen der Dämpfe zum Kolben, gewährt einen Vortheil, auf welchen die Aufmerksamkeit des Lesers in Anspruch genommen werden muß.

Die beiden Luftpumpen haben eine jede 27 Zoll Cylinderdurchmesser. Der Kolbenhub beträgt 6 Fuß. Die Kolben sind hohl und haben dieselbe Construction wie die hohlen Kolben der Saugpumpen. Die Klappenventile dürfen jedoch nicht aus Leder bestehen, indem dieselben durch das heiße Wasser zu leicht zerstört werden würden. Sie bestehen aus sehr dichter Leinwand. Man schneidet aus dieser Leinwand Scheiben von gehörigem Durchmesser und näht 12 derselben mit starkem Bindfaden zusammen. In dem Mittelpunkte dieser Scheiben schneidet man die rechteckige Oeffnung aus, durch welche die Kolbenstange geht, und näht die Scheiben rings um dieselbe durch. Darauf nagelt man auf beide Flächen jeder Klappe blechene Scheiben, eben so wie es bei den blechenen Ventilen der Saugpumpe der Fall ist. Die Liderung der Kolben besteht aus ähnlicher Leinwand und ist auf dieselbe Weise eingerichtet, wie die Liderung bei den Saugpumpen.

Die Luftleere wird durch diese Luftpumpen sehr gut erreicht; denn stets zeigte das Quecksilber in einer Glasröhre, die mit dem obern Theile des Condensators in Verbindung steht, eine Höhe von 28 engl. Zollen über seinem Niveau in dem Reservoir (30 engl. Zoll sind gleich einer Atmosphäre), und wenn sich das Entleerungsventil öffnete, so fiel das Quecksilber nie weiter, als bis auf 27 Zoll herab. Man kann wahrnehmen, daß sich die Kolben der Luftpumpen fast sogleich nach der Oeffnung dieses Ventils zu erheben beginnen.

Ein Zähler, der durch eine Stange bewegt wird, die an irgend einem Punkte des Balanciers befestigt worden ist, giebt die Zahl der Kolbenzüge an.

Beobachtete Resultate. Geschwindigkeit des Kolbens. Da die Wasserzuflüsse in dem Schachte gering waren, so arbeitete die Maschine nur langsam; die nöthigen Dämpfe lieferte nur ein Kessel. Die Spannung derselben in demselben überstieg den atmospärischen Druck nur etwa 25 Pfund auf den □Zoll. Die Dämpfe strömten nur während des ersten Achtels seines Laufs auf den Kolben, und derselbe gebrauchte $2\frac{1}{2}$ Secunde zu seinem Niedergange, wodurch er das Schachtgestänge und die Kolben der Druckpumpen hob, welches eine mittlere Geschwindigkeit von $\frac{11}{2\frac{1}{2}}$ $= 4{,}4$ engl. Fuß in der Secunde ist.

Das Gestänge gebrauchte darauf $5\frac{1}{2}$ Secunde zu seinem Niedergange, wobei es das Wasser in den Steigröhren in die Höhe drückte. Dies correspondirt einer Geschwindigkeit von $\frac{8}{5\frac{1}{2}} = 1{,}45$ Fuß in der Secunde. (Man darf nämlich nicht vergessen, daß das Schachtgestänge nicht dieselbe Geschwindigkeit hat, wie der Kolben der Maschine, da die Balancierarme eine

ungleiche Länge haben). Demnach betrug die Dauer einer Oscillation des Kolbens 8 Secunden und in einer Minute konnten nicht mehr als 7½ Wechsel der Maschine stattfinden. Sollte nun die Maschine rascher arbeiten, so müßte man das Gegengewicht vermindern, welches das Niedergehen des Schachtgestänges aufhält, so daß dasselbe schneller niedergehen könnte; allein alsdann würde man genöthigt sein, längere Zeit Dämpfe auf den Kolben strömen zu lassen, weil derselbe sonst nicht seinen Lauf bis zum Boden des Cylinders gut vollenden könnte. Man sieht demnach, wie eine Vermehrung der Geschwindigkeit der Maschine sogleich einen größeren Dampfaufwand für jeden Kolbenzug erfordert.

Uebrigens ist ein 7½maliger Wechsel der Maschine in einer Minute nie zur Gewältigung aller Grundwasser erforderlich, und bei der Anwesenheit des Herrn Combes ließ man sogar zwischen jede auf einander folgende zwei Wechsel des Kolbens einen durch das Spiel des Cataractes regulirten Zwischenraum von ½ Minute. Wenn demnach der Kolben seinen höchsten Standpunkt erreicht hat, so bleibt er daselbst 30 Secunden unbeweglich, nach welcher Zeit die Stange des Cataracts das Gegengewicht des Admissionsventils losgemacht hat, und deßhalb ein neuer Wechsel beginnt.

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht des Nutzeffects der Maschine bei dem angeführten Gange zu Anfange des Monats Juli 1833:

Datum.	Steinkohlenverbrauch in Bushels, von denen jedes 84 Pfund oder 38,086 Kilogr. wiegt.	Anzahl der Kolbenwechsel.	Kolbenwechsel in einer Minute.	Effect (Duty), ausgedrückt in Mill. Pfunden avoir du poids Wasser, welche durch 1 Bushel verbrannter Kohlen auf 1 Fuß Höhe gehoben worden sind.	Effect, ausgedrückt in metrischen Tonnen, die durch jedes Klgr. verbrannter Kohlen auf 1 Meter Höhe gehoben worden sind.
Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.	Nr. 6.
1	22	2560	1,77	59,3	215,2
2	22	2462	1,70	57,0	206,8
3	23	2437	1,69	54,0	195,9
4	22	2840	1,62	54,3	197,0
5 } 6 } 7 }	60	6479	1,48	53,7	194,9
8	22	2723	1,89	63,1	229,0
9	21½	2461	1,86	58,3	211,5
10	23½	2893	2,0	62,7	227,5
11	23½	2856	1,77	55,4	201,0

Die Zahlen der sechsten Colonne erhält man, wenn man die der fünften mit 3,6285 multiplicirt.

Die Zahl der Kolbenzüge wird durch den Zähler der Maschine angegeben, der fünf Zifferblätter hat. Der Zeiger des ersten geht bei jedem Kol-

benzuge um eine Abtheilung vor, der des zweiten Zifferblattes um eine Theilung, wenn der Zeiger des ersten einen Umgang vollendet hat; der Zeiger des Zifferblattes Nr. 3 rückt nach vollendetem Umgange des Zeigers auf Nr. 2 um eine Abtheilung vor u. s. w.

Was nun die Quantität des gehobenen Wassers betrifft, so erhält man sein Volum, wenn man die kreisförmige Oberfläche jedes Kolbens mit der Länge des Hubes, der gleich der des Schachtgestänges in Fußen ausgedrückt ist, so wie auch mit der Anzahl der Kolbenhübe multiplicirt.

Multiplicirt man darauf das relative Produkt eines jeden Kolbens mit der Höhe der Säule, der es angehört, in Fußen ausgedrückt, so wie mit dem Gewichte der Einheit des Volums Wasser in Pfunden avoir du poids und addirt man alle diese Produkte zusammen, so erhält man den ganzen Effect (duty). Den in der 5. Colonne in Millionen Pfunden, die auf 1 Fuß Höhe bei jedem verbrannten Bushel Steinkohlen erhoben worden sind, ausgedrückten Effect erhält man, indem man die Summe der Producte durch die Anzahl der Bushels und durch 1,000,000 dividirt. Das auf diese Weise erhaltene Resultat ist jedoch wegen des bei'm Spiele der Pumpen unvermeidlichen Wasserverlustes, den man unberücksichtigt läßt, stets zu hoch. Es ist besonders dann zu hoch, wenn die unteren Pumpen entweder in Folge des zu geringen Durchmessers ihrer Kolben, oder weil sie von schlechter Beschaffenheit sind, oder, wenn es an Wasser fehlt, die Wasserkästen nicht gehörig speisen, aus denen die oberen Sätze schöpfen.

In den consolidirten Gruben, die wir hier als Beispiel aufführen, war dieß aber nicht der Fall. Herr Combes überzeugte sich durch eine genaue Untersuchung von dem vollkommen guten Zustande aller Pumpen, von denen keine Luft ansog. Die Ventile hielten ebenfalls das Wasser sehr gut, denn das Niveau sank in den Steigröhren während des Zwischenraumes von $\frac{1}{2}$ Minute zwischen zwei verschiedenen Kolbenzügen nicht. Der wirkliche Effect wird daher höchstens $\frac{1}{6}$ geringer sein, als der berechnete. Das von dem obersten Satze ausgegossene Wasser direct zu messen, war dem Herrn Combes unmöglich, indem es die Localität nicht gestattete, zweckmäßige Apparate zu diesem Zwecke anzubringen.

Vortheile der Cornwalliser Maschinen. Regeln für ihre Aufstellung. Man sieht aus der vorhergehenden Beschreibung, daß die einfach wirkende Maschine in Cornwall sich vollkommen auf die verschiedenen Umstände anwenden läßt, welche die Wasserhaltung in Bergwerken herbeiführen. Die Anzahl der Kolbenhübe kann nach der Menge der zu wältigenden Wasser eingerichtet werden, indem diese Menge nach den Jahreszeiten in oft sehr weiten Grenzen schwankt. Der Dampfverbrauch bleibt fast stets der Anzahl der Kolbenhübe proportional, und der Maschinist regulirt die Dampfproduction dadurch, daß er eine verschiedene Anzahl von Kesseln, mit denen die Maschine versehen ist, in Betrieb setzt, und indem er die im Betriebe stehenden Kessel mehr oder weniger lebhaft feuert. Je ausgedehnter die Expansion des Dampfes ist, um so geringer ist auch der Verbrauch des Dampfes und folglich auch des Brennmaterials für einen gegebenen Nutzeffect.

Wenn man eine Wasserhaltungsmaschine erbaut, so ist es, da sich das Volum der Wasserzuflüsse in der Grube vermehren kann, zweckmäßig, den Pumpenkolben der Sätze ein hinreichendes Kaliber zu geben, damit die Wasser, selbst zu Zeiten, wo sie am häufigsten sind, zu Sumpfe gehalten werden können, ohne daß die Pumpen fortwährend im Betriebe seien. Man kann es z. B. so einrichten, daß die Zwischenräume der Ruhe zwischen den auf einander folgenden Kolbenhüben noch $\frac{1}{4}$ von der ganzen Zeit ausmachen, wenn die Wasserzuflüsse in der Grube am stärksten sind. Der Dampfmaschine muß man hinlänglich starke Dimensionen geben, damit die Pumpen in Betrieb gesetzt werden können, indem man annimmt, daß der Dampf höchstens während $\frac{1}{6}$ von dem Kolbenlauf eingelassen wird, und daß die Spannung des Dampfes in den Kesseln auf 3 bis $3\frac{1}{2}$ Atmosphäre beschränkt bleibt. In dem Maße, als die Grubenbaue an Ausdehnung zunehmen, um so bedeutender ist auch die Vermehrung der Wasserzuflüsse. Man gleicht diese Zunahme der Leistung der Maschine dadurch aus, indem man die Zwischenräume der Ruhe zwischen zwei auf einander folgenden Kolbenhüben vermindert. Später, wenn der Kunstschacht eine größere Teufe erlangt hat, und wenn es erforderlich ist, neue Pumpensätze hinzuzufügen, weil die Wasser aus einer tiefern Sohle gehoben werden müssen, wird es zur Vermehrung der Kraft der Maschine hinreichend sein, den Dampf aus dem Kessel während eines längern Theils von dem Kolbenhube einströmen und die Expansion weniger wirken zu lassen, indem man, wenn es erforderlich ist, einen neuen Kessel hinzufügt, wenn die vorhandenen nicht hinreichend sind, um die erforderliche Dampfmenge zu erzeugen. Endlich, als letztes Mittel, wird man die mittlere Geschwindigkeit der Pumpenkolben vermehren; allein dazu müßte man besonders den Ueberschuß des Gewichts von den Gestängen über das der Wassersäulen, welche von den Kolben gehoben werden, vermehren, damit diese Gestänge schneller senken; nun ist aber eine Vermehrung des Gewichts von den Schachtgestängen offenbar eine unmittelbare Ursache der Verminderung des Nutzeffectes bei einer gleichen Triebkraft.

Allgemeine Bemerkungen über die Dampfmaschinen. Die Art und Weise der Wirksamkeit des Dampfes in den Maschinen ist, so wie für alle Gewerbe, so auch für den Bergbau von der größten Wichtigkeit, so daß es erforderlich ist, hier das Wichtigste darüber mitzutheilen.

Indicator Watt's, der von Mac-Naught und Andern verbessert worden ist. Die Spannungen des Dampfes, welche mit dem Stande des Kolbens in dem Cylinder einer Maschine veränderlich sind, können mit großer Genauigkeit mittelst eines sehr einfachen Instrumentes angegeben werden, dessen erste Idee von dem verewigten Watt herzurühren scheint, und welches in England unter der Benennung des Indicators von Watt oder von Mac-Naught bekannt ist. Es besteht wesentlich aus einem kleinen ausgebohrten Cylinder, der mit großer Sorgfalt nach einem gegebenen Durchmesser calibrirt ist, und in welchem sich ein Kolben bewegt, auf den eine stählerne Springfeder drückt. An der Kolbenstange ist ein Arm befestigt, welcher in eine Hülse ausläuft, die einen Bleistift enthält. Die

Spitze dieser Bleifeder ruht auf einem Blatt Papier, das in einem Rahmen angebracht, oder um einen Cylinder gewickelt ist. Das Instrument ist auf den Deckel des Cylinders aufgeschraubt. Da die untere Fläche des Kolbens von dem Indicator mit dem Dampfcylinder in Verbindung gesetzt worden ist, so hat er den Druck des darin befindlichen Dampfes auszuhalten. Der Kolben hebt und senkt sich; die Springfeder wird zusammengedrückt oder ausgedehnt, je nachdem der Druck der Cylinder größer, oder geringer, als der atmosphärische, ist. Der Indicatorkolben folgt demnach den Veränderungen des Drucks. Während dieser Zeit ist der Rahmen oder Cylinder mit dem Blatte Papier in die Bewegung des Maschinenkolbens hereingezogen und die Bleifederspitze hinterläßt auf dem Papier die Angaben von den successiven Stellungen des Kolbens von dem Indicator. Das dadurch entstandene Diagramm weis't daher den Dampfdruck nach, der den successiven Stellungen des Maschinenkolbens entspricht, und man kann daraus die Größe der Triebkraft oder des Widerstandes ableiten, welcher dem Kolben mitgetheilt worden ist. Die Fig. 1 — 6, Taf. XI., stellen den Indicator dar, so wie er gewöhnlich in England eingerichtet wird, nebst einigen Abänderungen, welche ich dabei angebracht habe, um ihn bei allen Arten von Dampfmaschinen anwenden, seine Anbringung und seinen Gebrauch erleichtern zu können.

Fig. 1 ist ein Aufriß des Instrumentes, Fig. 3 ein horizontaler Durchschnitt nach der gebrochenen Linie A B des Aufrisses, Fig. 2 ein senkrechter Durchschnitt nach der Linie C D, Fig. 3, Fig. 4 ein Durchschnitt nach der Achse der Rolle O, Fig. 5 ein Durchschnitt und ein Grundriß von dem Muff, der um die Achse dieser Rolle angebracht ist. Die Fig. 6 endlich stellt das Instrument dar, so wie es auf dem Deckel des Dampfcylinders angebracht ist. Gleiche Gegenstände sind auf diesen verschiedenen Figuren mit denselben Buchstaben bezeichnet.

D ist der Kolben des Indicators, welcher sich in dem ausgebohrten Cylinder E bewegt, dessen Durchmesser genau 11,8 Millimeter beträgt, damit sein Querschnitt gleich einem Quadratcentimeter sei. A, Cylinder, welcher das Instrument umgiebt, und dessen Deckel H in seiner Mitte eine kurze Röhre C hat, welche als Leitung für die Kolbenstange B dient. G, Springfeder, deren eines Ende mit der Scheibe J verbunden ist, die ihrerseits auf der Stange B festgeschraubt ist; das andere Ende dieser Springfeder ist am Deckel H des umgebenden Cylinders. Diese Feder wird zusammengedrückt, wenn der mit der Stange verbundene Zeiger sich über, und ausgedehnt, wenn dieser Zeiger sich unter den Nullpunkt der Scala herabsenkt, welche dem Nullpunkte der Spannung der Feder entspricht.

J, Hahn, der in einem Stück F angebracht ist, welches eine Oeffnung von einem etwas geringeren Durchmesser hat, als der des Kolbens D ist. Das Stück F wird mit seinem obern Ende unter dem Cylinder E angeschraubt. Das andere Ende wird entweder unmittelbar in die Oeffnung des Schmierhahns eingeschraubt, oder auf ein Stück Kupfer, welches auf den Cylinderdeckel aufgeschraubt ist und in eine Hülse mit Schraubenwindungen ausläuft. Diese letztere muß ebenfalls mit einem Hahne versehen

sein, damit man das Instrument wegnehmen oder anbringen könne, ohne deßhalb den Betrieb der Maschine zu unterbrechen.

Z, Fig. 1 und 3, Bleifeder, welche in einer Hülse angebracht ist, die am Ende eines Armes sitzt, der um einen senkrechten Stift x beweglich ist und ihn mit dem Arm y verbindet, welcher seinerseits an der Kolbenstange B sitzt. Die Bleifeder nimmt auf diese Weise an der Bewegung der Stange und des Kolbens Theil, hebt und senkt sich mit diesem letztern. Eine kleine Feder e, die auf den Rücken des Armes drückt, der in die Hülse endigt, und die man mittelst einer Schraube mehr oder weniger spannen kann, drückt die Bleifederspitze gegen das Papier, welches um den Cylinder k, Fig. 1 und 2, gerollt ist.

A′, Fig. 1, Längenspalte, die in der Wand des umgebenden Cylinders angebracht ist, und durch welche der Arm geht, der die Hülse d mit der Bleifeder Z enthält. C′, Scala, die in Atmosphären und in $\frac{1}{10}$ Atmosphären getheilt ist, und die an dem Rande der Spalte anliegt. Um diese Scala zu theilen, nachdem sie an dem Instrumente mittelst der Schrauben v v′ befestigt worden ist, macht man den Strich, welcher die Zahl 0 hat, an dem Punkte, an welchem der Zeiger an der Stange befestigt ist, wenn die Feder keine Spannung hat. Man hängt alsdann ein Gewicht von 1,033 Kilogr. an den die Stange endigenden Ring. Nachdem das Instrument in eine senkrechte und umgekehrte Lage gebracht worden ist, entspricht der Punkt, zu welchem der Zeiger gelangt, dem Druck einer Atmosphäre oder 1,033 Kilogr. auf das Quadratcentimeter auf den Kolben D. Dieser Punkt wird auf der Figur mit 10 bezeichnet, da jede Theilung der Scala C′ $\frac{1}{10}$ Atmosphäre, als Einheit genommen, entspricht.

Auf gleiche Weise bestimmt man die Theilungen 20, 30, 40, 50 ꝛc. Für die Theilung — 10 welche dem absoluten leeren Raume unter dem Kolben entsprechen würde, muß man die Feder ausdehnen, indem man die Kolbenstange mit einer Kraft von 1,003 Kilogr. drückt. Die auf diese Weise erlangten Theilungen sind im Wesentlichen und einander gleich, weil die Verlängerungen und Verkürzungen der Springfeder den sie hervorbringenden Kräften fast proportional sind.

K, beweglicher Cylinder zur Seite des Cylinders A, um welchen das Papierblatt gewickelt wird, das die Bleifederstriche aufnimmt.

L, Support des Cylinders K. N, Hals, welcher mit dem Support L verbunden ist und zur Befestigung an dem Cylinder A dient. Der ganze, durch den Hals N mit dem Instrument verbundene Theil kann demnach nach Belieben um die Achse des Kolbens D und der Cylinder E und A gedreht werden.

Der Cylinder K steht auf einem Sockel S, welcher mit dem Muff V, Fig. 2, verbunden ist, und der auf der Achse X sitzt, um die er gedreht werden kann.

U ist eine mit dem Muff V und dem Sockel des Cylinders K verbundene Trommel. Sie enthält eine starke Spiralfeder, welche mittelst ihres einen Endes mit der Achse X und mittelst des andern mit der Wand der Trommel verbunden ist. Diese Feder strebt dahin, den Sockel um den Cy-

linder K zurückzuführen, und hält die Schnüre T und P gespannt, wenn der Maschinenkolben, Fig. 1, 3 und 6, die rückgängige Bewegung macht. Die Achse X ist auf dem Support des Cylinders K, der mit L mittelst der Schraube Q verbunden ist, befestigt. Sie endigt oben in einem quadratischen Angriff Y, so daß man mittelst eines Schlüssels die Feder aufziehen kann. Man muß alsdann die Schraube Q lösen; der Cylinder kann sich nicht drehen, weil er durch die gespannte Schnur T, Fig. 3, festgehalten wird. Der bewegliche Sockel S hat an seiner Peripherie eine Kehle, welche die Schnur T aufnimmt, welche sich in dieser Kehle gänzlich um den Sockel schlingt, dann durch ein Loch in dem Metall geht und hinter demselben mittelst eines Knotens befestigt ist. Das zweite Ende dieser Schnur wickelt sich um einen Muff S', der auf der Achse R einer kleinen Trommel O befestigt, deren Peripherie hohl oder schneckenförmig ist, und die eine zweite Schnur P aufnimmt, und deren Ende mit dem obern Theile von der Kolbenstange der Dampfmaschine mittelst der kleinen Stange q, Fig. 6, verbunden ist.

Der Sockel S ist von einem Cylinder M umgeben, welcher die Schnur T schützt und sie in der Kehle des Sockels erhält, und einen Ausschnitt hat, um die Schnur P durchgehen zu lassen.

b b, Federzangen, welche an dem äußern Umfange des Cylinders K liegen und das Blatt Papier c um diesen Cylinder festhalten, damit es die Bleifederstriche aufnehmen könne.

Aufstellung und Gebrauch des Indicators. Um sich dieses Instruments zu bedienen, schraubt man das Stück F auf die Oeffnung des Schmierhahns, oder auf ein zu seiner Aufnahme besonders vorbereitetes Stück, welches auf den Deckel des Dampfmaschinencylinders aufgeschraubt ist. Man dreht den Hals N und das Support L um die Achse des Cylinders A, so daß die Bleifederspitze Z auf die Oberfläche des Cylinders K gelegt werden kann. Die Schnur T wird durch die in der Trommel enthaltene Uhrfeder gespannt. Das Ende der Schnur P befestigt man mittelst eines kleinen Hakens an das Stück q, welches einen Ring hat, in den dieser Haken leicht eingehängt werden kann. Da der Hahn J noch geschlossen ist, so ist das Instrument von der Dampfmaschine isolirt. Hängt man nun den Haken an dem Ende der Schnur P in den Ring an dem Arm q, Fig. 6, so zieht der Kolben, indem er sich erhebt, die Schnur P an und dreht die Trommel O. Die Achse R von der letztern führt den Muff S' mit sich, um den sich die Schnur T wickelt und die Drehung des Sockels S und des Cylinders K bewirkt. Die Geschwindigkeit des Cylinders K wird sich demnach stets zu der Geschwindigkeit des aufsteigenden Kolbens verhalten, wie der Halbmesser der Trommel O zu dem Halbmesser des Muffs S'. Dieser letztere Halbmesser muß so sein, daß der Cylinder K, um dessen Basis die Schnur T nur eine einzige Windung macht, die Bewegung verfolgen könne, welches erfordert, daß der Cylinder K etwas weniger als eine Umdrehung macht, wenn der Dampfmaschinenkolben einen ganzen Lauf vollendet hat. Uebrigens ist es gut, wenn die Umdrehung des Cylinders K bei jedem Kolbenzuge fast vollständig ist. Man muß zu dem Ende mehrere Muffen

S' von verschiedenen Kalibern haben, die man auf der Achse R der Trommel O befestigt, je nachdem der Kolbenlauf der Maschine, an welcher man das Instrument anbringt, mehr oder weniger groß ist. Wenn der Dampfmaschinenkolben sinkt, so hält die Uhrfeder in der Trommel U die Schnüre P und T während der rückgängigen Bewegung des Cylinders und der Trommel gespannt. Der Cylinder K erhält daher stets Geschwindigkeiten, die denen des Kolbens proportional sind.

Ist dieses nun geschehen, so nimmt man den beweglichen Cylinder K weg, legt ein Blatt Papier darum und befestigt dessen beide Enden mittelst der Federn b b. Darauf bringt man den Cylinder K mit dem Blatte Papier c auf den Sockel zurück und dreht ihn so, daß die Bleiederspitze Z an dem einen Ende an der hintern Feder b liegt, wenn der Maschinenkolben seinen niedrigsten Stand hat. Man hängt alsdann den Haken der Schnur P so an den Kolben auf, daß derselbe die Trommel O und den Cylinder K in eine drehende Bewegung bringt. Man legt die Bleifeder auf das Papier c, ohne jedoch den Hahn J zu öffnen. Die unbeweglich bleibende Bleifeder verzeichnet auf dem Papiere, welches sich unter ihr dreht, eine Kreisperipherie, welche eine gerade Linie werden würde, wenn das Papier auf eine Ebene ausgedehnt wäre. Nachdem diese Linie gezogen worden ist, nimmt man die Bleifeder weg und öffnet alsdann den Hahn J. Der in dem Cylinder enthaltene Dampf dringt in den Cylinder E des Indicators; der Kolben D steigt oder sinkt in demselben, indem er die Veränderung der Spannung des Dampfes verfolgt. Die erste Wirkung ist aber eine Condensation des Dampfes und ein Ausströmen von Wasser, welches nicht eher aufhört, als bis der Cylinder E und der Kolben O die Temperatur des Dampfes angenommen haben. Man trocknet darauf das Instrument, und wenn es gut angefertigt worden ist, so hält der metallne Kolben D, der gar keine Liderung hat, den Dampf sehr gut, ohne irgend etwas durchgehen zu lassen. Es ist nun Alles zu einer Beobachtung bereit. Man nimmt zu dem Ende den Augenblick wahr, in welchem der Dampfcylinderkolben an einem der Enden seines Laufs an einem todten Punkte ist. Man schlägt die Bleifeder Z auf das Papier c zurück und läßt die Dinge in diesem Zustande wenigstens bei einer vollständigen Schwingung des auf- und abgehenden Maschinenkolbens. Die Bleifederspitze verzeichnet offenbar auf dem Papier eine geschlossene Curve. Hat die Maschine einen regelmäßigen Gang, so kann man die Bleifeder während 7 oder 8 doppelten Kolbenzügen auf dem Papier lassen. Die verzeichneten Curven decken sich fast genau. Hält man es endlich für zweckmäßig, so nimmt man die Bleifeder weg, ohne übrigens das Spiel des Apparats aufzuhalten. Darauf nimmt man den Haken am Ende der Schnur P aus dem Ringe des Armes q weg, wodurch die Verbindung der Bewegung zwischen dem Cylinder K und dem Kolben aufgehoben wird. Man nimmt darauf den Cylinder K ab, entfernt von demselben das Blatt Papier c, auf welchem die Curve verzeichnet ist, schlägt ein anderes Blatt Papier um den Cylinder, worauf Alles zu einer neuen Beobachtung bereit ist.

Die Oberfläche der Zeichnung oder des Risses giebt das Maß von der

Triebkraft, die dem Kolben einer doppelt wirkenden Maschine mitgetheilt worden ist. Die auf dem Papier verzeichneten Linien sind geschlossene Curven, die zwischen zwei unter einander parallelen Linien begriffen sind, die ihrerseits senkrecht auf der Linie stehen, in welcher keine Spannung stattfindet, oder auf der atmosphärischen Linie, welche die Bleifeder verzeichnet hat, als der Indicatorcylinder von dem Dampfmaschinencylinder durch den Hahn J abgeschlossen war. Die Entfernung dieser beiden Linien, welche stets die größte Länge der Zeichnung bilden, stellt den Kolbenlauf dar; die Abscissen auf die atmosphärische Linie, ausgehend von der einen oder von der andern der äußersten Tangenten, sind den Räumen proportional, welche von dem aufsteigenden oder dem sinkenden Kolben beschrieben werden, ausgehend von dem Anfange seines Laufs. Die Ordinaten der entsprechenden Curve, von der atmosphärischen Linie aus gerechnet, geben an der Scala des Indicators die Ueberschüsse des Dampfdrucks über den atmosphärischen, oder die Ueberschüsse des atmosphärischen Drucks über den des in dem Cylinder enthaltenen Dampfes an, je nachdem diese Ordinaten über oder unter der atmosphärischen Linie befindlich sind. Die Fig. 7 und 8, Taf. XI., sind zwei Zeichnungen, die ich mit dem oben beschriebenen Indicator an einer Dampfmaschine mit Expansion und Condensation aufgenommen habe. In beiden Zeichnungen A B die atmosphärische Linie. Der obere Theil der Curve zwischen den Berührungspunkten derselben und den Senkrechten L M und L′ M′ auf A B, entspricht dem niedergehenden Kolbenlaufe der Dampfmaschine, wenn der Dampfdruck darauf wirkte. Der Theil der untern Curve an denselben Berührungspunkten entspricht dem entgegengesetzten Laufe des Kolbens, während welchem der mit dem Indicator in Verbindung gesetzte Theil des Cylinders mit dem Condensator verbunden war.

Die Zeichnung giebt daher den Dampfdruck auf die obere Fläche des Kolbens der Maschine an. Wenn dieser Druck in derselben Ordnung und auf dieselbe Weise auf der untern Fläche folgt, und bei einer doppelt wirkenden Maschine muß es fast so sein, wenn die Dampfertheilung auf dem obern und dem untern Theile des Cylinders symmetrisch ist, so könnte man annehmen, daß der untere Theil der Zeichnung den Druck angiebt, welcher auf der untern Fläche des Kolbens, während dessen Niederganges, stattfindet. Um aber Druck zu haben, der in denselben Augenblicken auf beide Flächen stattfindet, so müßte man annehmen, daß die untere Curve Ende vor Ende umgekehrt sei, so daß der Theil P von diesem nach A komme, und umgekehrt. Wäre diese Umkehrung gemacht, so würde die Länge einer Ordinate, die auf dem einen oder dem andern Theile der Curve endigt, an der Scala des Indicators das Maß der Differenz des Drucks auf beiden Kolbenflächen, d. h. des wirkenden Drucks, angeben, und es würde folglich die Oberfläche der berechneten Zeichnung, indem man die Abscissen nach einer Scala berechnet, die durch das Verhältniß der Linie A B zu dem Kolbenlauf, und die Ordinaten nach der Scala des Indicators gegeben ist, im Verhältniß zu der Triebkraft stehen, welche dem Kolben während seines niedergehenden Laufs mitgetheilt worden ist. Das Produkt dieser Oberfläche der Zeichnung, multiplicirt mit der Kolbenoberfläche in Quadratcentimetern, würde, in Kilogram-

men, auf 1 Meter erhoben, der Ausdruck dieser Triebkraft sein, wobei jedoch der Querschnitt der Kolbenstange unberücksichtigt gelassen ist. Da übrigens die Umkehrung des untern Theils der Curve, die von ihrem Perimeter eingeschlossene Oberfläche nicht verändert, so kann man als Maß der Triebkraft die Oberfläche der Zeichnung annehmen, so wie sie das Instrument unmittelbar angiebt.

Die Figur giebt die Umstände der Dampfertheilung an. Die von der Bleifeder des Indicators verzeichnete Figur giebt aber nicht allein das Maß der ganzen Triebkraft an, welche dem Kolben einer Maschine mitgetheilt wird, sondern sie lehrt auch den successiven Druck kennen, welcher stattfindet, währenddem der Raum, von welchem dieser Kolben die bewegliche Wand bildet, entweder mit dem Kessel, oder mit dem Condensator in Verbindung steht. Sie weis't alle Umstände der Dampfertheilung, so wie die Fehler, welche bei derselben stattfinden können, nach. So sieht man aus den Fig. 7 u. 8, daß bei der Maschine, von welcher sie aufgenommen worden sind, der Dampf zu Anfang des Kolbenlaufs zugelassen worden ist. Die Verbindung mit dem Kessel bleibt etwas mehr, als während $\frac{2}{10}$ des Laufs geöffnet; alsdann wird diese Verbindung geschlossen. Der Verschluß ist durch die Biegung der Curve angegeben, welche sich alsdann, nachdem sie zuvörderst fast parallel mit der atmosphärischen Linie war, nach derselben zu senkt. Der Dampfdruck vermindert sich immer mehr, von dem Augenblicke an, in welchem die Zulassung des Dampfes aufgehört hat, und diese Verminderung dauert bis zu dem Ende des Kolbenlaufes fort; in diesem letztern Zeitpunkte ist er wesentlich unter dem atmosphärischen Drucke. Hier öffnet sich die Verbindung mit dem Condensator; jedoch fällt der Druck des Dampfes auf die obere Kolbenfläche nicht plötzlich, sondern sie nimmt im Gegentheil nach und nach ab, bis zu Ende des aufsteigenden Laufs, wo er in der Fig. 7 fast auf $\frac{2}{10}$ und in der Fig. 8 fast auf $\frac{3}{10}$ Atmosphären reducirt worden ist. Bei der hier vorliegenden Maschine wird der Dampf durch einen einfachen Schieber ohne Bedeckung vertheilt; er wird durch ein Kegelventil, welches vor der Vertheilungsbüchse angebracht worden ist, unterbrochen. Dieses Ventil wird durch einen Hebedaumen offen erhalten, welcher an der Schwungradwelle angebracht ist, und zwar bleibt es während des ersten Theils des Kolbenlaufs geöffnet, und wird alsdann durch eine Springfeder in die Oeffnung gestoßen, die es verschließen soll, sobald der Hebedaumen zu wirken aufhört. Die Spannung des Dampfes in dem Kessel wurde durch Quecksilbersäulen von 2,68 und 2,925 Meter in einem offenen Manometer gemessen, als die resp. Figuren 7 und 8 aufgenommen wurden, welches Drucken von 3,66 und 3,84 Atmosphären ungefähr über den atmosphärischen Druck entspricht. Das an dem Condensator angebrachte Barometer gab einen Ueberschuß des atmosphärischen Drucks über dem in dem Condensator vorhandenen durch eine Säule von 0,59 Meter Quecksilber an, welches einen Druck von $\frac{76-59}{76} = 0{,}22$ Atmosphären etwa entspricht. Die Figuren zeigen, daß der während der Periode der Zulassung des Dampfes in dem Cylinder ziemlich gleichförmige Druck weit unter dem war, welcher in dem Kessel stattfand

und daß während der Condensation der Druck in dem Cylinder wesentlich höher blieb, als der von dem Condensator-Barometer angegebene, und zwar bis an das Ende des Laufs, wo der Druck in dem Cylinder sich dem im Condensator stattfindenden weit mehr näherte.

Ursachen der Differenz des Dampfdrucks in dem Kessel und in dem Cylinder. Bei anderen Aufnahmen, mittelst Indicatoren, die an einfach wirkenden Cornwalliser Wasserhaltungsmaschinen gemacht wurden, welche wir jedoch hier nicht weiter nachweisen wollen, zeigte sich der Druck des Dampfes im Cylinder während seiner Zulassung, weit geringer, als der in dem Kessel existirende, welcher nicht viel von dem verschieden sein muß, welcher durch das Gewicht der Sicherheitsventile gemessen wird. Diese Verschiedenheit kann mehreren Ursachen zugeschrieben werden, von denen mehrere wahrscheinlich zusammen wirken. Bei den Cornwalliser Wasserhaltungsmaschinen strömt der Dampf, so wie überhaupt bei allen einfach wirkenden, gewissermaßen nur stoßweise oder intermittirend aus dem Kessel; denn die Kessel bleiben während der Periode der Expansion des Dampfes, während der Kolben in dem Cylinder durch das Gewicht des Gestänges in die Höhe geht, und während der Zwischenräume, welche zwei auf einander folgende Kolbenhübe trennen, gänzlich verschlossen. Der Dampf muß sich daher in den Kesseln während ihres Verschlusses anhäufen, seine Spannung muß daselbst steigen und während seines Ausströmens wieder abnehmen. Die durch diese Ursachen hervorgebrachten Veränderungen werden um so bemerkbarer sein, je geringer der von dem Dampfe in dem Kessel eingenommene Raum im Verhältniß zu dem ist, in welchem sich der Dampf zu Anfang eines jeden Kolbenlaufs verbreitet.

In den meisten Cornwalliser Maschinen und Kesseln ist das Verhältniß zwischen den Räumen, welche von dem Dampfe in den Kesseln eingenommen werden, und dem, welchen der Kolben während der Periode des Einströmens von dem Dampfe bildet, so gering, daß diese Ursache keinen bedeutenden Einfluß ausüben kann. Es ist dieses Verhältniß häufig unter den von 6 zu 1, und die Dauer der Dampfausströmung ist oft geringer als $\frac{1}{8}$ oder $\frac{1}{10}$ von dem Zeitraume, welcher zwei auf einander folgende Ausströmungen trennt.

Die Bewegung des Dampfes in der Dampfröhre und durch das Admissionsventil, so wie hauptsächlich durch das Mäßigungsventil, macht es erforderlich, daß in dem Kessel ein um so bedeutenderer Ueberschuß des Drucks stattfindet, je länger und je enger die Röhre, und je enger auch die Ventilöffnungen sind. Verengt man daher die Oeffnung des Mäßigungsventils, so kann der Maschinenwärter den Druck in dem Cylinder vermindern, während der Druck in dem Kessel constant bleiben wird.

Endlich wird bei übrigens gleichen Umständen die Geschwindigkeit des Dampfes in der Röhre und in den Durchgängen, folglich der Ueberschuß des Drucks in dem Kessel, von der veränderlichen Geschwindigkeit abhängen, mit welcher der Kolben sich in dem Cylinder bewegt, und diese Geschwindigkeit selbst hängt von vielen Umständen ab, nämlich von dem Drucke des Dampfes, von dem Widerstande, welchen der Kolben erleidet, von der Masse des

Kolbens, des Balanciers, der Stangen und der Gegengewichte, endlich von dem ganzen Gestänge, welches in die Bewegung hineingezogen wird. Die Bestimmung des Drucks in dem Cylinder, wenn der in dem Kessel bekannt ist, würde demnach eine sehr verwickelte Frage sein, selbst wenn man annehmen wollte, daß man die Dichtigkeiten des gesättigten Wasserdampfs, welche dem verschiedenen Druck correspondiren, genau kennte, und daß der Dampf sich wie eine permanente, elastische Flüssigkeit verhielte. Die Frage wird aber durch die folgenden beiden Ursachen noch verwickelter. Zuvörderst kann der Dampf stets eine gewisse Menge flüssigen Wassers in einem außerordentlich fein zertheilten Zustande mit sich führen, und es ist dies fast auch immer der Fall. Das auf diese Weise mitgeführte Wasser hat einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Dichtigkeit des Dampfes oder vielmehr der gemischten Flüssigkeit, welche sich bewegt und verändert demnach die Gesetze der Bewegung. Ferner kann ein Theil des Dampfes den Zustand verändern und entweder in den Röhren und in den Durchgängen, welche es durchströmen muß, und besonders in dem Cylinder selbst tropfbar flüssig werden. Dem Zusammentreffen aller dieser verschiedenen Ursachen, welche sämmtlich in derselben Richtung wirken, ist der Ueberschuß des in dem Kessel existirenden Drucks über den in den Cylinder während der Einströmungsperiode zuzuschreiben.

Diese Verschiedenheit des Drucks ist ganz gewiß eine Ursache des Verlustes, d. h. sie vermindert die Kraft, welche eine gleiche ponderable Menge von Wasserdampf zu entwickeln vermag, seien nun auch die Gesetze, nach denen der Druck des Dampfes mit seiner Dichtigkeit sich verändert, welche sie wollen.

Mittel, den Ueberschuß des Drucks in dem Kessel zu vermindern. Die erste in dieser Beziehung zu nehmende Vorsichtsmaßregel besteht darin, den Cylinder mit dem Kessel mittelst einer weiten Röhre in Verbindung zu setzen, und die Durchgänge nicht zu verengen, indem man das Mäßigungsventil verschließt, oder indem man der Oeffnung des Admissionsventils zu geringe Dimensionen giebt. Wendet man aber hier die bekannten Gesetze der Bewegung elastischer Flüssigkeiten in den Röhren an, so ist es leicht zu sehen, daß, wenn der Dampf ohne Einmengung flüssigen Wassers wäre, man sehr wenig gewinnen würde, um die Querschnitte der Dampfröhre und der Ventilöffnungen über gewisse Grenzen hinaus zu vergrößern, welche die Erfahrung bei jeder Art von Maschinen kennen gelehrt hat, und welche sich bei jeder von ihnen mit der gewöhnlichen mittlern Kolbengeschwindigkeit verändern. Bei der Maschine, die wir weiter oben beschrieben haben, ist die Oberfläche der Röhre, durch welche der Dampf aufgefangen wird, nur $\frac{1}{64}$ von der Kolbenoberfläche. Bei anderen Maschinen derselben Art ist dieses Verhältniß etwas größer, ohne jedoch jemals $\frac{1}{4}$ zu übersteigen, und der Durchgang kann noch durch das Mäßigungsventil verengt werden. Bei den Locomotiven, d. h. bei denjenigen Arten von Dampfmaschinen, bei welchen der Kolben die größten Geschwindigkeiten annimmt, haben die Admissionsöffnungen des Dampfes höchstens einen Durchschnitt von $\frac{1}{12}$ von dem des Cylinders, und es würde selbst unnütz sein, sie so groß zu machen,

wenn sie nicht eben so gut zum Ausströmen, als zum Einströmen des Dampfes dienten. Die Locomotiven sind stets mit einem Regulator, d. h. mit einer Art von Mäßigungsventil versehen, mittelst welchem der Maschinist das Hinzuströmen des Dampfes zu den Cylindern gänzlich in seiner Gewalt hat. Neuerlich angestellte Versuche beweisen, daß der Ueberschuß des Drucks in dem Kessel über den in den Cylindern wenig verschieden ist, mag nun der Regulator gänzlich, oder nur zur Hälfte geöffnet sein; nur wenn man ihn noch mehr verschließt, macht sich bei übrigens gleichen Umständen der Einfluß der Verengung fühlbar. Wenn der Regulator zur Hälfte geschlossen ist, so übersteigt der Durchgang nicht $\frac{1}{22}$ von der Kolbenoberfläche.

Schädliche Wirkungen und Ursachen der Einmengung von flüssigem Wasser in den Dampf. Die Einführung von flüssigem Wasser mit dem Dampfe muß offenbar dazu beitragen, den Ueberschuß von dem Dampfdruck in dem Kessel zu vermehren; wir haben die Ursache davon angegeben. Nun wird aber diese Vermengung des Dampfes mit Wasser durch die zähe Beschaffenheit des letztern begünstigt. Schmutziges und Wasser, welches durch Substanzen, wie das Kraftmehl der Kartoffeln und andere Substanzen derselben Art, welche man ehemals in die Kessel warf, um die Bildung des Kesselsteins zu verhindern, verunreinigt ist, ist in dieser Beziehung sehr unvortheilhaft gegen gewöhnliches, ganz reines Wasser. Eine andere Ursache trägt besonders zu der nachtheiligen Wirkung bei, mit der wir uns hier beschäftigen; es ist dies das heftige Sieden, welches erfolgt, wenn man dem in einem Kessel zusammengepreßten Dampf einen weiten Ausgang gewährt, sei es nun in einem unbestimmten Raume, wie die Atmosphäre, oder in einem begrenzten Raume, deren Wände aber der Ausdehnung einen schwachen Widerstand entgegensetzen.

Jeder kann wahrnehmen, was sich bei der gänzlichen Hebung des Sicherheitsventils von einem Kessel, in welchem der Dampf eine höhere Spannung, als die atmosphärische, angenommen hat, ereignet. Es entsteht ein so heftiges Sieden, daß die ganze flüssige Masse mit starkem Geräusch gehoben wird; es strömt aus der Oeffnung des Sicherheitsventils eine Menge flüssigen Wassers im Gemenge mit dem Dampfe, der Strom ist nicht regelmäßig, und die Entwickelung findet stoßweise statt. Die Elasticität des Dampfes vermindert sich, allein die Schnelligkeit dieser Verminderung des Drucks steht durchaus nicht im Verhältnisse mit der Größe des geöffneten Ventils. Läßt man den Dampf aus einer kleinen Oeffnung ausströmen, so geschieht dieß fast ohne Einmengung von Wasser; es entsteht in dem Kessel nicht das heftige Sieden, von welchem wir geredet haben, auch vermindert sich der Druck im Kessel nicht so stark, als wenn ein Gemenge von Dampf und Wasser aus einer weiten Oeffnung ausströmt.

Einfluß der Masse der Gestänge auf die Bewegung des Kolbens und auf die Mitführung von Wasser. Aehnliche Wirkungen müssen offenbar entstehen, wenn man mit Unterbrechungen eine Verbindung zwischen einem Dampfkessel und dem Cylinder einer Maschine herstellt, und wenn der Kolben der ihn treibenden Kraft nur einen schwachen Widerstand leistet. Nun widersteht der Kolben seiner Platzveränderung auf

zweierlei Weise, zuvörderst durch die mit ihm verbundenen, Widerstand leistenden Kräfte, dann in Folge seiner Masse, und der Massen, die er mit in seine Bewegung hereinzieht. Die Gesammtheit der Belastung, welche bei einer Wasserhaltungsmaschine in dem Ueberschusse des Gewichts von dem Schachtgestänge, von den damit verbundenen Kolben und aus den angesogenen Wassersäulen, über das Gewicht des Maschinenkolbens selbst und der verschiedenen Gegengewichte bestehen, welche das Schachtgestänge mit sich führt, Ueberschuß, zu welchem man noch die Reibungen rechnen muß, giebt eine untere Grenze von dem Druck, den der Dampf in dem Cylinder erreichen kann, während er in Verbindung mit dem Kessel steht. Diese untere Grenze wird weit überstiegen und muß es nothwendig um so mehr sein, als der Dampf während eines kleinern Bruchs von dem Kolbenlauf eingelassen wird.

Die Verschiedenheit zwischen der Triebkraft und der Belastung des Kolbens bewirkt die beschleunigte Bewegung desselben während der Admissionsperiode des Dampfes; jedoch würde es uns zu weit führen, wenn wir dieß durch das Calcul näher nachweisen wollten.

Masse, welche durch den Triebkolben der Cornwalliser Maschinen bewegt werden muß. Die Nothwendigkeit, die Masse des Schachtgestänges und der Gegengewichte bedeutend zu vermehren, ist den Maschinenbauern durch die Erfahrung angegeben worden, ohne daß sie sich vielleicht Rechenschaft von den Ursachen der ihnen durch die Praxis dargethanen Thatsache geben konnten. Bei der Maschine der consolidirten Gruben, welche wir weiter oben näher beschrieben haben, hat das Schachtgestänge ungeheure und sicher unnütze Dimensionen, wenn man die Bedingungen der Festigkeit des ganzen Systems unberücksichtigt lassen wollte. Sein Gewicht beträgt, wie wir weiter oben angaben, 84,000 Kilogramm. Die Gegengewichte, mit Einschluß der Wassersäule zwischen dem Stollen und der Tageöffnung des Schachtes, betragen 55,000 Kilogramm, so daß für das Schachtgestänge nur ein Gewichtsüberschuß von 29,000 Kilogr. für das Eindrücken des Wassers in den Steigröhren bleibt. Demnach behalten, nach Abzug der Balanciers, die von dem Dampfkolben bewegten Massen ein Gesammtgewicht von 84,000 + 55,000 = 139,000 Kilogramm, während zur Emporhebung der Wassersäulen in den Steigröhren der Kunstsätze ein Gewicht von 29,000 Kilogr. hinreichend wäre. Offenbar ist aber das ungeheure Gewicht des Gestänges zur Festigkeit desselben nicht erforderlich.

Der Nutzeffect einer gegebenen Gewichtsmenge von Dampf hängt nicht allein von den Verhältnissen der Maschinen ab. Man sieht demnach, daß der Nutzeffect, welcher einem Kolben durch ein gegebenes Gewicht von Dampf mitgetheilt wird, nicht allein von der Construction und von den Verhältnissen zwischen den verschiedenen Theilen der eigentlichen Maschine und den Kesseln, sondern auch von der Einrichtung der Apparate abhängt, welche die Maschine in Bewegung setzt. Vermehrt man das Gewicht, welches der Kolben in Bewegung setzt, so werden offenbar die Reibungen vermehrt, und folglich auch ein Theil der passiven Widerstände; aber von einer andern Seite vermindert man die erschütternden Bewegungen, sowie die Stöße, welche eine weit bedeutendere Beschleunigung der Bewe-

gung veranlassen könnten, und welche eine andere Quelle der passiven Widerstände und zu gleicher Zeit eine Ursache der Abnutzung und der Zerstörung der Maschine sind; dieß ist schon eine Ausgleichung, welche vielleicht mehr als hinreichend zur Vermehrung der Reibungen ist.

Flüssigwerden des Dampfes in den Röhren und Cylindern. Endlich ist das theilweise Flüssigwerden des Dampfes in den Röhren und hauptsächlich in den Cylindern, indem es zu gleicher Zeit zur Vermehrung des Ueberschusses von dem Druck in dem Kessel beiträgt, offenbar eine unmittelbare Ursache des Wärmeverlustes und folglich des Nutzeffectes von dem Brennmaterial. Um die Ursachen zu entwickeln, und die Umstände zu bestimmen, wodurch dieser theilweise Niederschlag des Dampfes in den Cylindern und in den Röhren entsteht, würde uns jedoch hier zu weit führen, indem wir alsdann eine Menge von den Eigenschaften entwickeln müßten, welches offenbar in dem vorliegenden Werke nicht geschehen kann. Wir müssen uns daher hier damit begnügen, die hauptsächlichsten Mittel anzugeben, um diese theilweise Verdichtung des Dampfes zu verhindern.

Mäntel um die Cylinder. Eins der vorzüglichsten Mittel zur Verminderung der Dampfverdichtung in den Cylindern besteht darin, dieselben mit einem Mantel zu umgeben, wie es schon bei den älteren einfach wirkenden Watt'schen Maschinen der Fall war, und wie es bei den Wasserhaltungs-Dampfmaschinen in Cornwall ebenfalls der Fall ist. In Cornwall, wo diese Praxis jedoch noch nicht lange stattfindet, und wo man eine wöchentliche Nachweisung von dem Nutzeffect der Maschinen und von dem Brennmaterialienverbrauch giebt, hat man, durch Einführung der Mäntel um die Cylinder, eine Vermehrung von $\frac{1}{10}$ des Nutzeffects mittelst eines gegebenen Gewichts von Brennmaterial erreicht. Die in Frankreich angestellten Versuche mit doppelt wirkenden Maschinen, mit Condensation und sehr ausgedehnter Expansion, indem die Dämpfe nur während eins Zehntels von dem Kolbenlauf zugelassen wurden, geben noch weit höhere Resultate zu Gunsten der Mäntel um die Cylinder und mit Circulation von Dampf in dem Zwischenraume zwischen beiden. Nach diesen Versuchen veranlaßt der Mantel eine Ersparung von 30 — 40 Procent an dem Brennmaterial. Ohne nun zugestehen zu wollen, daß der Vortheil bei allen Maschinen so bedeutend sei, bleibt es dennoch gewiß, daß man auf diese Weise eine bedeutende Brennmaterialersparung erlangt.

Aeußere Erwärmung der Cylinder mittelst der heißen Gase, welche sich auf dem Roste des Herdes entwickeln. Es dürfte vielleicht sehr vortheilhaft sein, statt der Mäntel mit Dampf, solche anzuwenden, in denen man einen Theil von den heißen Gasen anwendet, die sich bei der Verbrennung in den Kesselherden entwickeln. Da diese Gase stets eine weit höhere Temperatur als der Dampf haben, so müßte man, wenn man zu diesem Verfahren griffe, Mittel beibehalten, um die Temperatur innerhalb des Mantels zu reguliren. Eine zu hohe Temperatur würde das Fett oder Oel im Cylinder, über dem Kolben, zersetzen, und Veranlassung zu einer bedeutenden Vermehrung der Reibung, so wie zu einer schnellen Abnutzung der Kolbenliderung, geben. Uebrigens würde man sehr leicht zur Regulirung der Tem-

peratur der um den Cylinder circulirenden Gasströme gelangen, wenn man mit den heißen Gasen ein gewisses Verhältniß von atmosphärischer Luft einströmen ließe. So viel wir wissen, ist das hier angegebene Verfahren noch nicht angewendet worden. Jedoch läßt man bei einigen Wasserhaltungs-Dampfmaschinen in Cornwall und namentlich bei denen in Eastcrinnis die heißen Gase mehrerer kleiner Herde, welche um die Cylinder angebracht sind, circuliren.

Folgerungen aus den mitgetheilten Thatsachen. Aus den mitgetheilten Thatsachen machen wir die Folgerungen, daß die Ausströmung des Dampfes aus dem Cylinder durch große Dimensionen des Exhaustionsventils und der zum Condensator führenden Röhren erleichtert werden; daß es aus demselben Zwecke von Wichtigkeit sei, daß die Oeffnung des Exhaustionsventils größer sei, als die des Admissionsventils am entgegengesetzten Ende des Cylinders; daß die Expansion des Dampfes zur Verminderung des Gegendrucks in dem Cylinder dadurch beitrage, daß der Dampf schon einen gewissen Grad der Verdünnung erreicht habe, ehe das Exhaustionsventil geöffnet wird, und daß außer diesem unmittelbaren Vortheil die Expansion noch den hat, den Widerstand leistenden Druck hinter dem Kolben einer Maschine zu vermindern; daß dieser Gegendruck durch das Vorhandensein von Wasser in dem Cylinder, in dem Augenblicke, in welchem sich das Exhaustionsventil öffnet, welches in denselben eingeführt oder in demselben niedergeschlagen worden ist, vermehrt werde, und daß es auch in dieser Beziehung von Nutzen sei, den Cylinder mit einem Mantel zu umgeben, der einen Raum bildet, in welchen Dampf, oder eine andere äußere Wärmequelle gelangt.

Alles dieß ist auch jetzt allgemein zugestanden und wird auch von intelligenten Maschinenbauern wohl berücksichtigt. Dennoch werden die Mäntel noch nicht so allgemein angewendet, als es zu wünschen wäre; eben so, wie man noch jetzt viele doppelt wirkende Maschinen mit Schiebern erbaut, bei denen der Dampf bis zum Ende des Kolbenlaufs zugelassen wird; in andern ist das Voreilen des Schiebers bei'm Ausströmen des Dampfes nicht hinreichend; bei fast allen Maschinen, wo der Dampf mittelst eines Schiebers vertheilt wird, dringt der Dampf durch dieselbe Oeffnung ein, mittelst welcher er auch entweicht, und deren Durchschnitt zwar hinreichend für das Einströmen, aber nicht für das Ausströmen ist. Man müßte demnach diesen Querschnitt vergrößern und ihn fast gleich $\frac{1}{10}$ von der Kolbenoberfläche der Maschinen machen, bei denen die Expansion nicht sehr ausgedehnt benutzt wird, oder man müßte getrennte Oeffnungen für das Ein- und für das Ausströmen der Dämpfe haben, wodurch das System der Vertheilung nicht sehr verwickelt werden würde. Endlich hat man auch erst in diesen letztern Zeiten einige wirksame Maßregeln gegen das so nachtheilige Mitführen von Wasser in den Dämpfen getroffen.

Verbesserungen, deren die Cornwalliser Maschinen fähig sind. Nutzeffect und Brennmaterialverbrauch derselben. Der Nutzeffect, bestimmt durch das Produkt des gehobenen Wassers in der ganzen Höhe der Pumpen, betrug 28 Procent weniger, als die dem Kol-

den ertheilte Kraft, welche die Figur des Indicators angiebt, und welcher sehr wahrscheinlich ein Verbrauch von etwa 4,2280 Wasserdampf entspricht, so daß der Nutzeffect des Kilogramm Dampf in 24,000 Kilogr. Wasser, auf 1 Meter erhoben, bestehen würde.

Diese Leistung, wobei jedoch der Verlust der Pumpen nicht berücksichtigt worden ist, kann durch diese Ursache noch um 10 Procent vermindert werden, welches sie auf 22,000 Kilogrammeter reduciren würde.

Das Verhältniß der erlangten Leistung zu dem Brennmaterialverbrauch hängt ebenfalls noch von dem Wasser ab, welches durch jedes Kilogramm Steinkohle verdampft worden ist; die Qualität der Steinkohle, die Construction des Kessels, die Leitung des Feuers haben hier einen sehr bedeutenden Einfluß, auf welchen wir zurückkommen werden. Hier beschränken wir uns auf die Bemerkung, daß die Menge des verdampften Wassers bei gut eingerichteten Kesseln und bei gutem Brennmaterial im Allgemeinen 6 bis 8 Kilogr. beträgt. Das Kilogramm Steinkohlen, welches nur 6 Kilogramm Dampf producirt, würde demnach einen Nutzeffect von 132,000 Kilogrammetern geben. Da die Dampfkraft mit 75 Kilogr., in der Secunde 1 Meter hoch gehoben, oder durch 270,000 Kilogr., in der Stunde 1 Meter hoch gehoben, ausgedrückt wird, so würde die Pferdekraft einen Verbrauch von 2 Kilogr. Steinkohlen in der Stunde veranlassen. Die Kilogramm Steinkohlen, welche 8 Kilogramm Wasser verdampft, würde 176,000 Kilogrammeter geben, und der Verbrauch auf die Pferdekraft würde alsdann nur 1,53 Kilogr. Steinkohlen in der Stunde betragen.

Dürfen aber diese Resultate, die gewiß von den meisten der guten Cornwalliser Maschinen erreicht und von manchen übertroffen werden, so vortheilhaft sie auch erscheinen mögen, als die Grenze des Möglichen angesehen werden? Offenbar nicht. Es ist ein letzter Fortschritt ausführbar, jedoch nur unter der Bedingung der Verstärkung des anfänglichen Drucks in dem Cylinder, und hauptsächlich durch die Benutzung der Expansion in ausgedehnteren Grenzen, als es jetzt allgemein der Fall ist. Bei der Ausführung würde jedoch eine große Schwierigkeit stattfinden. Es ist dieß nämlich die bedeutende Ungleichheit der Triebkraft, welche auf den Kolben der Maschine wirken würde: zu Anfang seines Laufs würde er gewissermaßen einen heftigen Stoß von dem einströmenden Dampfe erhalten, worauf der bewegende Druck sich bis zu Ende des Laufs sehr rasch vermindern würde. Deßhalb ist es nöthig, die mit der Kolbenstange verbundenen Massen zu vermehren, um die Mitführung des flüssigen Wassers zu vermeiden, und dem Kolben, der Kolbenstange und den übrigen Theilen solche Dimensionen zu geben, welche ihn fähig machen, den augenblicklich außerordentlichen Kraftäußerungen zu widerstehen. Stets sind diese Schwierigkeiten von der Art, daß sie von der Geschicklichkeit des Maschinenbauers überwunden werden können. Würden sie nicht zum Theil vermieden werden können, wenn man auf die Woolf'schen Maschinen mit zwei Cylindern zurückkäme, deren Einrichtung vereinfacht werden könnte? Es würde dadurch auch möglich werden, die Triebkraft, ungeachtet der größern Expansion des Dampfes, minder ungleich zu machen, indem der Dampf nur in einem kleinern Cylin-

der den vollen Druck ausüben würde, dessen hintere Fläche nie in Berührung mit dem Condensator stehen würde.

Bereits im Jahre 1840 scheint man in Cornwall Versuche dieser Art gemacht zu haben, die einen guten Erfolg hatten. Zu Cornbrea fand Herr Piot auf seiner damaligen bergmännischen Reise durch England eine Wasserhaltungsmaschine von folgender Einrichtung. Sie hatte zwei Cylinder, von denen der eine über dem andern stand; der eine hatte 50 Zoll (1,27 Meter) im Durchmesser, während der andere viel weiter war. Zwei Kolben, die an einer Stange befestigt waren, bewegten sich in den beiden Cylindern der einfach wirkenden Maschine. Der auf die obere Seite des kleinen Kolbens zugelassene Dampf expandirte sich unter dem großen, wenn man das Gleichgewichtsventil öffnete; er drang nie in den Raum zwischen den beiden Kolben. Die Leistung dieser Maschine war höher, als die aller übrigen Cornwalliser Maschinen, sie betrug 323,400 Kilogramm Wasser, durch 1 Kilogrmm Steinkohlen 1 Meter hoch gehoben.

Herr Piot sah die Maschine nicht selbst und kann daher keine andern Nachrichten darüber mittheilen. Das Gesagte giebt aber den Beweis, daß die Cornwalliser Maschinenbauer sich bemühen, die dort gewöhnlichen Maschinen immer mehr zu verbessern.

Dieselben allgemeinen Grundsätze lassen sich auf die doppelt wirkenden Maschinen anwenden. Es ist vollkommen unnütz, bei diesen letztern Kessel anzuwenden, in denen Dampf von 5 — 6 Atmosphären erzeugt wird, wenn man nicht die Expansion des Dampfes in größeren Verhältnissen benutzt, als es gewöhnlich, selbst bei den besten Maschinen, der Fall ist, und wenn man nicht solche Einrichtungen anbringt, daß der anfängliche Druck in dem Cylinder im Wesentlichen dem im Kessel gleich sei. Nun sind aber doppelt wirkende Maschinen vollkommen zu solchen Combinationen geeignet, weil der an den Grenzen seines Laufs angelangte Kolben nur einen sehr kleinen Raum im Verhältniß zu dem Bogen beschreibt, in welchem sich das Schwungrad dreht. Demnach ist der Bogen, dessen Pfeil $\frac{1}{100}$ von dem Durchmesser, gleich $\frac{64}{1000}$ von der ganzen Peripherie und $\frac{128}{1000}$ von der halben. Nimmt man daher am Schwungrade eine gleichförmige Geschwindigkeit an, so wird der Kolben sie dazu benutzen, das letzte 100-Theil des Laufs zu vollenden, und das erste 100-Theil von dem folgenden Laufe zu beginnen, welches gleich $\frac{128}{1000}$ eines vollständigen Laufes sein wird. Giebt man daher bei dem Einströmen des Dampfes ein geringes Voreilen, indem man die Eintrittsöffnung etwas eher öffnet, als der Kolben seinen Lauf vollbracht hat, so wird man dadurch den besten Bedingungen entsprechen, damit der Raum zwischen dem Admissionsventil und dem zur Grenze seines Laufs gelangten Kolben gänzlich mit Dampf von dem Drucke des in dem Kessel vorhandenen ausgefüllt sein wird, welches jedoch natürlich nur zu Anfange des Kolbenlaufs der Fall sein kann. Der Gegendruck, der durch dieses Voreilen bei'm Einströmen entsteht, wird nur zu einem unbedeutenden Widerstande Veranlassung geben; es wird dieß endlich so sein, als wenn der freie Raum um das Volum vermehrt worden wäre, welches der Kolben während des Bruchs seines Laufs, der dem Voraneilen entspricht, er-

zeugt hat. Da nun das Einströmen des Dampfes aufhört, sobald der Kolben in einer sehr geringen Entfernung von seinem Laufe angekommen sein wird, so wird man die Expansion in einem bedeutenden Verhältnisse benutzen, indem man das Volum des Dampfes in dem Verhältnisse von 1 zu 10 oder zu 12 zunehmen läßt, und zwar dieß in einem einzigen Cylinder und in dem Verhältnisse von 1 zu 20 oder zu 30 in einer Maschine mit zwei Cylindern. Man wird zwar in den Maschinen mit einem Cylinder einen großen Theil der Triebkraft opfern, die mit vollem Drucke wirkt, und hauptsächlich die Expansion benutzen; allein wenn der Druck des Dampfes bedeutend ist, wenn er, z. B., 5 Atmosphären erreicht, und man läßt ihn sich so ausdehnen, bis daß er das Zwölffache seines ursprünglichen Volums einnimmt, so ist der Effect, welcher von der Expansion herrührt, bei Maschinen mit Condensation und Cylindermänteln weit bedeutender, als bei mit vollem Drucke wirkenden Dampfe.

Durch die Benutzung der Expansion in immer stärkern Verhältnissen sind die Maschinenbauer schon dahin gelangt, den Brennmaterialverbrauch der Rotationsmaschine von geringer oder mittlerer Kraft bedeutend zu vermindern. Es muß auch der Watt'sche Centrifugalmoderator oder Regulator erwähnt werden, welcher die Abweichungen der Winkelgeschwindigkeit des Schwungrades unter veränderlichen Belastungen der Maschine beschränkt, indem er auf den Schieber oder auf das Admissionsventil wirkt, und auf diese Weise den bei einem Kolbenzuge verbrauchten Dampf mit der Belastung in's Verhältniß bringt, statt auf das sogenannte Kehlventil (soupape à gorge) zu wirken, welches eine Verengung der Röhre veranlaßt, durch welche der Dampf aufgefangen wird, und den endlichen Druck in dem Cylinder vermindert, damit die Triebkraft mit den Widerständen abnimmt.

Maschine mit zwei Cylindern. Mittel, den schädlichen Einfluß des freien Raums aufzuheben. Die Maschinen mit zwei Cylindern sind weit geeigneter zur Benutzung des Dampfes unter einem anfänglichen hohen Drucke, nicht allein, weil die Wirkung des Motoren minder ungleich ist, sondern auch, wie ich nachweisen werde, dadurch, daß man durch einfache Mittel den schädlichen Einfluß des Raumes zwischen dem an die Grenze seines Laufs gelangten Kolben und dem Admissionsventil aufheben kann. Bekanntlich bestehen die Woolf'schen Maschinen aus zwei neben einander stehenden Cylindern von ungleichen Durchmessern, die gewöhnlich einen und denselben Mantel haben. Die sich in diesen Cylindern bewegenden Kolben haben einen wenig verschiedenen Lauf und sind so an einem Ende des Balanc'ers befestigt, daß sie zusammen auf- und niedergehen. Der Dampf gelangt aus dem Kessel zuerst in den kleinen Cylinder, wo er während eines bestimmten Bruchs zugelassen wird und sich alsdann bis zu dem Ende seines Laufes ausdehnt. Wir wollen annehmen, daß er bei dem Niedergange wirke; wenn er geendigt ist, so gelangt der Dampf des Kessels auf die untere Fläche des kleinen Kolbens, während welcher Zeit, daß derjenige, womit der kleine Cylinder angefüllt war, durch eine Verbindungsröhre in den großen Cylinder übergeht, wo er auf die untere Fläche des Kolbens drückt und der ausgedehnte Dampf in dem großen Cylinder nach

dem Condensator strömt. Der Dampf erleidet demnach in dem kleinen Cylinder eine erste Ausdehnung und dehnt sich von neuem i[illegible] Cylinder aus. In dem Augenblicke, wo der Durchgang zum Condensator geöffnet ist, füllt er den ganzen zweiten Cylinder an, so wie auch die Verbindungsröhre zwischen den entgegengesetzten Enden der beiden Cylinder, und auch noch die freien Räume zwischen den Böden der beiden Cylinder und dem Kolben, welche zu den Grenzen ihres Laufs gelangt sind.

Wirkliche Ursachen des großen Nutzeffects der Cornwalliser Maschinen. Es ist demnach zu hoffen, daß die Maschinen mit zwei Cylindern, bei denen man die Einrichtungen anwenden wird, die ich hier vorschlage, in Beziehung auf die Brennmaterialersparung, nicht allein die besten doppelt wirkenden Maschinen, sondern auch die vollkommensten einfach wirkenden Maschinen in Cornwall übertreffen werden. Ich glaube, daß man sich täuscht, wenn man annimmt, daß die Vorzüge der letztern lediglich von ihren starken Dimensionen, von ihrer bedeutenden Kraft und besonders davon herrühren, daß sie einfach wirkend sind. Ihre Dimensionen sind nicht so, als erforderlich ist, um die Expansion des Dampfes in einem höhern Verhältnisse, als das Achtfache des ursprünglichen Volums beträgt, zu bewirken. Der anfängliche Druck in dem Cylinder ist bei diesen Maschinen sehr häufig unter dem im Kessel, und es ist weit leichter, eine Gleichheit dieses Drucks bei Rotationsmaschinen zu erlangen, die mit einem Schwungrade versehen sind, als bei einfach wirkenden Maschinen ohne Schwungrad. Die wirklichen Ursachen von den Vorzügen der Cornwalliser Maschinen scheinen in der Einfachheit des Mechanismus, der Vollkommenheit der Construction, dem Gebrauch der Mäntel, in den genauen Vorsichtsmaßregeln, welche gegen die Wärmeverluste getroffen worden sind, in der Verhältnißmäßigkeit, die man leicht zwischen der Ausdehnung der Dampfadmission und der Belastung der Maschine herstellen kann, in dem Verschlusse des Gleichgewichtsventils vor der Vollendung des aufsteigenden Kolbenlaufs, wodurch der schädliche Einfluß des freien Raums vermindert wird, zu liegen. Ich füge noch hinzu, daß der Raum über dem Kolben, in welchem der Dampf bei seinem Ausströmen aus dem Kessel hinzugelassen ist, niemals in Verbindung mit dem Condensator steht, und daß die Verbindung zwischen diesem und dem untern Theile des Cylinders mittelst sehr weiter Röhren und Oeffnungen stattfindet.

Würde dasselbe, und in einem noch weit höhern Grade, bei Maschinen mit zwei Cylindern stattfinden, die mit Ventilen oder Schiebern versehen sind, welche eine solche Einrichtung und Regulirung haben, daß sie die Verbindung zwischen dem kleinen und dem großen Cylinder an dem passenden Punkte unterbrechen, der stets weit vor dem Ende des Kolbenlaufs sich befinden wird, so würden diese noch bessere Leistungen geben. Es sind diese Bedingungen mittelst der bekannten Mechanismen leicht auszuführen. Das einzige Nachtheilige besteht darin, daß, wenn die Maschine alle ihre Vortheile bewähren sollte, indem sie unter veränderlichen Belastungen wirkt, es nicht hinreichend sein würde, dabei einen Moderator anzuwenden, welcher, wie der der Maschinen von Farcot und Meyer, die Admission des Dam-

pfes in dem Cylinder regulirte; sondern es müßte die bei der Ausdehnung der Admission angebrachte Veränderung, eine in derselben Richtung bei der Regulirung der Ventile oder Schieber mit sich führen, welche die Verbindung zwischen den entgegengesetzten Enden der beiden Cylinder regelte. Man könnte dahin gelangen, einen Mechanismus zu combiniren, welcher die beiden Arten von Schiebern in dem zweckmäßigen Verhältnisse erhält. Allein selbst dann, wenn man dieser Vervollkommnung nichts hinzufügte, wenn man die Maschine auf solche Weise einrichtete, daß sie unter dem Maximum der Belastung, welche im Allgemeinen die gewöhnliche ist, den Dampf in den kleinen Cylinder bis zur Mitte des Kolbenlaufs einließe, würde es der Fall sein, daß, wenn das Spiel der Ventile oder Schieber, welche die Verbindung zwischen beiden Cylindern herstellen, darnach regulirt worden ist, daß, wenn man wenigen Dampf einließe, sobald die Maschine nicht so belastet wäre, die Verbindung zwischen den beiden Cylindern zu spät geschlossen sein würde; der Druck des Dampfes hinter dem kleinen Kolben, am Ende des Laufs, würde daher dem anfänglichen Drucke noch nicht gleich gekommen sein. Der schädliche Einfluß des freien Raumes würde nicht gänzlich aufgehoben sein, wie bei dem normalen Gange; allein er würde stets vermindert sein, und der Verlust an Leistungen bei dem vollen Drucke des einströmenden Dampfes würde zum Theil durch eine ausgedehntere Expansion wiederum ausgeglichen werden.

Der Balancier kann bei den Wasserhaltungsmaschinen weggelassen werden. Da die einfach wirkenden Expansionsmaschinen nach dem Cornwalliser Systeme ohne Zweifel die vollkommensten von den gewöhnlich angewendeten sind, so beschreibe ich die Wasserhaltungs-Dampfmaschinen von einer minder guten Construction, so wie man sie noch auf vielen Gruben findet, wo man den Brennmaterialaufwand nicht viel zu berücksichtigen braucht, nicht. Man kann übrigens mit Beibehaltung des Cornwalliser Systems verschiedene Einrichtungen anwenden. So ist es möglich, den Balancier gänzlich wegzulassen, indem man den Cylinder der Maschine über dem Schachte anbringt, und indem man das Schachtgestänge unmittelbar mit der Kolbenstange verbindet, welche durch den Boden des Cylinders geht. Der treibende Dampf wird alsdann unter dem Kolben zugelassen, und der Kolbenlauf der Kunstsätze ist derselbe, wie bei der Dampfmaschine. Diese Einrichtung, welche gleich der ist, wovon die Wassersäulenmaschine zu Huelgoat ein Beispiel darbietet, wird auf vielen preußischen und belgischen Gruben bei der Wasserhaltung angewendet. Wir kommen weiter unten darauf zurück.

Von den Herden und Kesseln. Wir müssen nun noch die Gestalten der Kessel und ihrer Herde, wenigstens derjenigen kennen lernen, welche zur Dampfproduction am zweckmäßigsten sind.

Gewöhnlich wendet man cylindrische Kessel mit zwei oder mehreren Sieberöhren an, wenn die Elasticität des Dampfes anderthalb oder höchstens zwei Atmosphären übersteigt. Bei Niederdruckmaschinen wendet man noch häufig die Watt'schen sogenannten Kofferkessel an.

Wassermenge, welche durch 1 Kilogr. Steinkohlen ver-

dampft wird. In den verschiedenen Werken über Dampfmaschinen findet man, daß durch die Verbrennung von 1 Kilogr. Steinkohle auf den Rösten cylindrischer Kessel mit Sieberöhren 5 bis 6 Kilogr. Wasser verdampft. Als ein außerordentliches Resultat führt Herr Peclet, in seinem Werk über die Wärme, eine mittlere Verdampfung von 7,20 Meter an, welche Herr Eduard Köchlin erlangt haben will. Man empfiehlt, daß die Heizoberfläche des Kessels, worunter man die Oberfläche versteht, welche direct der Einwirkung der Flamme ausgesetzt ist, so wie auch die, welche die heißen Gase, die Rückstände von der Verbrennung in den Kanälen, welche sie durchströmen, ehe sie durch die Esse entweichen, bedecken, proportional der Wassermenge seien, welche man in einer gegebenen Zeit verdampfen will, und die 20 bis 25 Kilogramm Dampf in der Stunde zu liefern hat.

Diese Versicherungen stimmen übrigens mit den praktischen Erfahrungen mehrerer Fabrikanten und Besitzer von Dampfmaschinen überein, welche bei den Versuchen mit verschiedenen Steinkohlensorten auf den Rösten ähnlicher Kessel gefunden haben, daß die Mengen von Dampf, welche durch 1 Kilogr. Steinkohle erzeugt wurden, 5 bis $5\frac{1}{2}$ Kilogr. betrugen, je nach der schlechtern oder bessern Beschaffenheit der Steinkohlen, daß sie sich zuweilen auf 6 Kilogramm erhoben, aber diese letztere Zahl selten überstiegen.

Wassermenge, welche in den Cornwalliser Kesseln verdampft wird. Mehrere mit den Kesseln der Wasserhaltungs-Dampfmaschinen in Cornwall angestellte Versuche und Beobachtungen, wobei man die Speisewasser der Kessel maß, sind in diesen letztern Jahren bekannt gemacht und mit den wöchentlichen Tabellen über den Nutzeffect der Maschinen verbunden. Nach diesen Beobachtungen würde 1 Kilogr. Steinkohlen bei einem regelmäßigen Gange 8, oft 9, zuweilen selbst bis 10 Kilogr. Wasser und darüber verdampft haben. Resultate, die von der gewöhnlichen Praxis so weit entfernt waren, fanden natürlich bedeutenden Widerspruch.

Die schon erwähnten, von Wicksteed zu Oldford mit Watt'schen Kofferkesseln und mit Cornwalliser Kesseln angestellten Versuche lassen nicht daran zweifeln, daß, wenn einige von denen, in den wöchentlichen Tabellen in Cornwall bekannt gemachten Resultaten genau sind, die durch die Verbrennung 1 Kilogr. Steinkohlen zu verdampfende Wassermenge das von den cylindrischen Kesseln mit zwei Sieberöhren erhaltene Produkt nicht wesentlich übersteigt. Dabei ist es aber erforderlich, daß die Kessel große Dimensionen und eine ausgedehnte Heizoberfläche haben, und daß die Rostoberflächen weit größer seien, als es gewöhnlich der Fall ist.

Wir theilen die Resultate, welche Herr Wicksteed zu Oldford erreichte, hier mit und geben auch nach ihm eine Beschreibung und Abbildung der beiden Kesselsysteme, mit denen die Versuche angestellt wurden.

Watt'sche Kessel für Niederdruck und Cornwalliser Kessel für mittlern Druck. Der Watt'sche Kessel, Fig. 1 und 2, Taf. XII., wird durch einen mechanischen Vertheiler, den sogenannten Stanley'schen Fütterer (feeder), welcher die in kleine Stücke zerschlagenen

Steinkohlen fortwährend auf den Rost wirft, geschürt. Der Rauch und die Gase, die von der Verbrennung herrühren, gehen zuvörderst unter dem concaven Boden des Kessels weg und kommen durch die durch den Kessel gehende Röhre **A** nach vorn zurück.

Bei'm Ausgange aus dieser Röhre gabelt sich der Strom, und seine beiden Arme vereinigen sich von neuem am Fuße der Esse, nachdem sie die Seitencanäle **B B'** durchströmt haben. Es liegen zwei solcher Kessel neben einander in demselben Gemäuer, und es dienen diese Kessel zur Speisung der Watt's und Boulton'schen Maschine.

Die Cornwalliser Maschine desselben Wasserwerks wird von 4 cylindrischen Kesseln bedient, ähnlich denen, welche in den Fig. 3 und 4 dargestellt worden sind. Ein jeder dieser Kessel besteht aus einem äußern Cylinder, aus einem innern, mit dem erstern nicht concentrischen Cylinder, in dessen Innern vorn der Rost angebracht ist. In diesem inneren Cylinder ist eine cylindrische Sieberöhre angebracht, jedoch bloß in dem Theile jenseit des Rostes; ihr Kopf springt vor dem Hintertheile des Ofengemäuers vor; nachdem der Strom von der Flamme und von den heißen Gasen um diese Sieberöhre in dem innern Cylinder, welcher den Herd enthält, circulirt hat, gabelt er sich und kommt nach vorn zurück, indem er in die Seitencanäle **B B**, übergeht; die beiden Arme vereinigen sich hier von neuem und gehen unter dem Kessel durch, um in die Esse einzuströmen. Das Einschüren des Brennmaterials geschieht mit der Hand.

Die folgende Tabelle enthält die Dimensionen der Kessel im französischen Maße.

Dimensionen der cylindrischen Cornwalliser Dampfkessel.

Nummer.	Länge des Kessels.	Durchmesser des Kessels.	Durchmesser der Röhre, welche den Herd enth.	Länge der Feuerröhre.	Durchmesser der innern Siederöhre.	Heizoberfläche.	Volum des Wassers in dem Kessel.	Volum des Dampfes in dem Kessel.	Rost. Länge.	Rost. Breite.	Rost. Ganze Oberfläche.	Rost. Durchgang für die Luft.	Dem Feuer ausgesetzte Oberfläche. Länge.	Dem Feuer ausgesetzte Oberfläche. Breite.	Dem Feuer ausgesetzte Oberfläche. Ganze Oberfläche.	Ganze Länge der Canäle.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Met.	Met.	Met.	Met.	Met.	Quadr. Met.	Cub. Met.	Cub. Met.	Met.	Met.	Quadr. Met.	Quadr. Met.	Met.	Met.	Quadr. Met.	Met.
1	8,344	1,971	1,168	7,010	0,558	74,505	12,515	4,021	1,587	1,143	1,811	0,390	1,587	2,050	3,344	25,490
2	8,473	981	1,168	6,978	0,558	74,227	13,052	3,708	1,587	1,143	1,811	0,390	1,587	1,981	3,140	25,474
3	8,483	1,981	1,174	6,994	0,558	74,598	12,574	4,077	1,562	1,143	1,783	0,384	1,562	1,981	3,091	25,591
4	8,257	1,975	1,219	6,773	0,558	73,205	11,325	3,114	1,587	1,219	1,932	0,406	1,587	2,050	3,344	24,780

Kofferförmiger Watt- und Boultonscher Kessel.

	7,367	1,799	0,914 0,762	7,239	—	54,62	12,95	9,82	2,349	1,474	3,461	0,346	2,349	1,600	3,755	23,774

Die Blechstärke beträgt 12,7 Millimeter ($\frac{1}{2}$ engl. Zoll) bei den Cornwalliser Kesseln.

Die kofferförmigen Kessel bestehen aus Blechtafeln von verschiedener Stärke. Am Boden und an den Seiten, bis 0,60 Meter Höhe, haben die Blechtafeln eine Stärke von 9,5 Millimeter ($\frac{3}{8}$ engl. Zoll); an den Seiten beträgt ihre Stärke 7,9 Millim. ($\frac{5}{16}$ Zoll); auf dem Deckel 6,3 Millimeter ($\frac{1}{4}$ Zoll). Folgendes sind die Resultate von einigen der Versuche des Herrn Wickstee d:

Die 4 cylindrischen Cornwalliser Kessel sind mit einander im Betriebe, und da das Feuer so geleitet wird, daß die Verbrennung sehr langsam ist, so verbrannte man auf den 4 Rösten 21,308 Pfund (9661,36 Kilogramm) Steinkohlen in 118$\frac{1}{2}$ Stunde, um 174,710 Pfund (79216,10 Kilogr.) Wasser zu verdampfen. Es ist dieß die langsamste Verbrennung, über welche der Verfasser Beobachtungen angestellt hat.

Bei einem lebhaften Feuer unter denselben Kesseln verbrannte man auf den 4 Rösten 99,120 Pfund (44942,47 Kilogr.) in 288 Stunden, um 861,127 Pfund (390447,71 Kilogr.) Wasser abzudampfen.

Das angewendete Brennmaterial bestand in besten, kleinen Newcastler Steinkohlen.

Die Kessel waren mit Asche bedeckt, um Wärmeverlust zu vermeiden.

Man sieht, daß bei einer sehr langsamen Verbrennung mit 1 verbrannten Kilogr. Steinkohle 8,199 Kilogr. Wasser verdampft worden waren, und bei einer raschen Verbrennung mit derselben Brennmaterialmenge 8,687 Kilogr. Wasser. Herr Wickstee d corrigirt diese Resultate, um die Temperaturen der Speisewasser zu berücksichtigen, welche er auf 80° F. (26,66° C.) zurückführt, und substituirt für die obigen Zahlen 8,258 und 8,605 Kil. Das Wasser wurde in dem ersten Falle bei 71,5° F., und in dem zweiten Falle bei 91° F. aufgefangen.

Nimmt man das Verhältniß des abgedampften Wassers und des verbrannten Brennmaterials zu den oben angeführten Dimensionen der Kessel, so gelangt man zu den folgenden Resultaten:

Art u. Weise der Verbrennung.	In der Stunde verbrannte Steinkohlenmenge.	Auf das Quadratmeter Rostoberfläche und in der Stunde verbrannte Steinkohlenmenge.	Auf das Quadratmeter Rostoberfläche und in der Stunde verdampftes Wasser.	Auf das Quadratmeter Heizoberfläche und in der Stunde verdampftes Wasser.	Auf das Quadratmeter directe Heizoberfläche und in der Stunde verdampfte Wassermenge.	Wasser von 26,66°, durch das Kilogr. Steinkohle verbrannt.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Sehr langsam.	81,53	11,11	91,75	2,266	52,115	8,258
Langsam.	156,05	21,26	182,94	4,528	103,941	8,605

Da die kofferähnlichen Kessel nur am Tage betrieben wurden, so verbrannte man in 82$\frac{1}{4}$ Betriebsstunden 15158,56 Kilogr. Steinkohlen, um

127159,28 Kilogr. Wasser, welches von 92° F. in den Kessel gelangte, d. h., 8,388 Kilogr. Wasser mit 1 Kilogr. Steinkohle zu verdampfen. Diese Zahl ist von Herrn Wicksteed auf 8,301 Kilogr. vermindert, um das Wasser auf eine Temperatur von 80° F. zurückzuführen, und um die Versuche vergleichbar zu machen.

Man hatte demnach für den kofferförmigen Kessel:

Art u. Weise der Verbrennung.	In der Stunde verbrannte Steinkohlenmenge.	Auf das Quadratmeter Rostoberfläche und in der Stunde verbrannte Steinkohlenmenge.	Auf das Quadratmeter Rostoberfläche und in der Stunde verdampftes Wasser.	Auf das Quadratmeter Heizoberfläche und in der Stunde verdampftes Wasser	Auf das Quadratmeter directe Heizoberfläche und in der Stunde verdampfte Wassermenge.	Wasser von 26,66°, durch das Kilogr. Steinkohle verbrannt.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Lebhaft	184,298	53,25	442,028	28,009	407,418	8,301

Der Kofferkessel wurde durch mehrere Mäntel von einem filzartigen Stoffe gegen die Wärmeverluste geschützt, allein er war nur am Tage im Betriebe, und Herr Wicksteed fand, daß, wenn er fortwährend in Thätigkeit sei, wie die 4 Cornwalliser Kessel, die Menge des von 1 Kilogr. Steinkohle verdampften Wassers 2,38 Procent mehr betragen würde, so daß, wenn der Kessel in fortwährendem Betriebe gewesen wäre, 1 Kilogr. Steinkohle 8,499 Kilogr. Wasser statt 8,301 Kilogr., welches bei 26,66° C. in den Kessel aufgenommen worden, verdampft haben würde.

Auf einer andern Seite muß bemerkt werden, daß die Spannung der Dämpfe in den Cornwalliser Kesseln sich bis auf 51,7 auf den englischen Quadratzoll ($3\frac{2}{3}$ Atmosphären oder 3,633 Kilogr. auf das Quadratcentimeter) erheben konnte, während er in dem kofferartigen Kessel nie eine Spannung von 17,7 Pfund auf den Quadratzoll (1,24 Kilogr. auf das Quadratcentimeter oder $1\frac{1}{4}$ Atmosphäre) überstieg. Das Wasser war daher in dem letzten Kessel in einer Temperatur von etwa 105°, und in dem erstern von fast 140°. Die Blechstärke war demnach auch viel bedeutender in dem Cornwalliser, als in dem Kofferkessel; beide Umstände sind für die Durchlassung der Wärme zu dem in den cylindrischen Kesseln enthaltenen Wasser ungünstig. Endlich scheint aus dem kofferartigen Kessel eine gewisse Quantität Wasser mit dem Dampfe fortgerissen zu sein, welches bei den cylindrischen Kesseln sicher nicht der Fall war.

Aus den mitgetheilten Resultaten kann man, wie es mir scheint, folgern: 1) daß es in Beziehung auf Brennmaterialersparung vortheilhaft sei, den Rost und die Heizoberfläche, wie bei den cylindrischen Kesseln von Oldford (Cornwalliser System), zu vergrößern; 2) daß eine sehr langsame Verbrennung den Nutzeffect des auf dem Roste verbrannten Brennmaterials um etwa 4 Procent vermindert; 3) daß eine langsame Verbrennung, bei welcher man etwa 21 bis 22 Kilogr. Steinkohlen in der Stunde auf das

Quadratmeter Rost verbraucht, die vortheilhafteste ist, wenn die Heizoberflächen bedeutend sind; 4) daß die mit den kofferförmigen Kesseln erlangten Resultate, bei einer innern Röhre zur Circulation der heißen Gase und des Rauchs, mitten in der Wassermasse, und welche etwa 28 Kilogr. Dampf in der Stunde und auf das Quadratmeter Heizoberfläche produciren, indem die in der Stunde und auf das Quadratmeter Rostoberfläche verbrannten Brennmaterialien etwa 50 Kilogr. betragen, daß unter diesen Umständen, sagen wir, die Resultate nicht weit unter denen sind, welche man durch eine langsame Verbrennung und weit entwickeltere Heizoberfläche erlangt; 5) daß die sehr große Heizoberfläche und die langen Circulationen für die Flamme und die warme Luft, welche die Cornwalliser Kessel haben, mit denen Herr Wicksteed Versuche angestellt hat, wenigstens unnütz zu sein scheinen.

Cylindrische Kessel der Grube Rocher=Bleu. Die Kessel der Wasserhaltungs=Maschine, welche neuerlich bei der Braunkohlengrube des Rocher=Bleu im franz. Rhonedepartement aufgestellt worden sind, und die in den Werkstätten des Herrn John Taylor bei Mold angefertigt wurden, sind einfache cylindrische Kessel mit kugelförmigen Enden. Die halbcylindrische untere Oberfläche ist gänzlich der Einwirkung des Stroms der Flamme und der heißen Luft ausgesetzt, die sich unmittelbar in die Esse begiebt, ohne andere Circulationen durch die Kessel und um dieselben. Die ganze Heizoberfläche beträgt demnach 26 Quadratmeter bei einem cylindrischen Kessel von 9,70 Meter Länge und 1,70 Meter Durchmesser. Der Rost ist 1,98 Meter lang und 0,92 Meter breit, welches eine Oberfläche von 1,748 Quadratmeter giebt. Die Durchgänge der Luft bilden $\frac{1}{4}$ von der ganzen Oberfläche des Rostes, welches fast dasselbe Verhältniß wie bei den Rösten zu Oldford ist. Der räumliche Inhalt eines jeden Kessels beträgt etwa 20,63 Kubikmeter, wovon etwas mehr als die Hälfte von dem Wasser, und der übrige Theil von dem Dampfe eingenommen ist. Die der directen Einwirkung des Feuers ausgesetzte Oberfläche ist die eines halben Cylinders von kreisförmiger Basis von 1,70 Meter Durchmesser und von 1,90 Meter Höhe, folglich etwa 5 Quadratmetern gleich, welches weit mehr ist, als bei den cylindrischen Kesseln zu Oldford.

Die Erfahrung hat für den höchsten Nutzeffect der Maschine des Rocher=Bleu 228,960 Kilogr. durch 1,043 Kilogr. schottischer Steinkohlen 1 Meter hoch gehoben, d. h., 209,521 Kilogr. durch 1 Kilogr. verbrannter Steinkohlen 1 Meter hoch gehoben.

Die ganze Menge der in 1 Stunde 10 Minuten verbrannten Steinkohle betrug 73 Kilogr. oder 62,57 Kilogr. in der Stunde. Waren alle 3 Kessel auf einmal im Betriebe, so betrug die ganze Rostoberfläche $3 \times 0,748 = 5,244$ Quadratmeter, und die auf das Quadratmeter Rost und in der Stunde verbrannte Brennmaterialmenge 11,93 Kilogr.; es war dieß eine sehr langsame Verbrennung.

Nimmt man an, daß jedes Kilogr. Steinkohle 1,26 Kilogr. Wasser verdampfte, wie bei dem Versuche des Herrn Wicksteed, bei welcher die Verbrennung die langsamste war, so würde jedes Kilogr. Dampf einen Nutzeffect von 26,576 Kilogr. 1 Meter hoch erhoben gegeben haben, ein Resultat,

welches denjenigen zu vergleichen ist, welche mit den besten Cornwalliser Maschinen erlangt worden sind. Die Einrichtung und die Form der Kessel des Rocher-Bleu scheinen demnach keinen wesentlichen Nachtheil im Vergleich zu den ehemals in England angewendeten Kesseln zu zeigen, die man namentlich auch in Oldford anwendete. Es ist zu bedauern, daß die Versuche mit den Kesseln des Rocher-Bleu nicht weiter fortgesetzt wurden, und daß namentlich die verdampften Wassermengen nicht gemessen worden sind.

Die Kessel mit weiten innern Röhren sind den Explosionen mehr unterworfen, als die einfachen cylindrischen Kessel. Wir müssen um so mehr zu der Annahme einfacher Kesselformen rathen, da dieselben weit weniger Explosionen unterworfen sind, als die mit weiten inneren Röhren zur Circulation der Flamme und des Rauchs. Die Benutzung dieser Röhren, welche übrigens die Durchlassung der Wärme zum Wasser sehr erleichtern und eine Verminderung des Volums und des Gewichts der Kessel gestatten, müßte auf solche Kessel beschränkt bleiben, bei denen die Elasticität des Dampfes 2 Atmosphären nicht übersteigt. Bei einem höhern Drucke würde es, wenn nicht räumliche Hindernisse vorhanden sind, zweckmäßiger sein, lange cylindrische Kessel mit halbkugelförmigen Enden anzuwenden, oder, wenn man will, zwei neben einander liegende cylindrische Kessel, unter deren einem der Rost angebracht werden müßte, während der zweite nur durch die heißen Gase gefeuert würde, die zu der Esse strömten. Dieser könnte geneigt sein, so daß sein höchster Theil nur im Niveau des in dem ersten enthaltenen Wassers wäre, mit welchem er in einer weiten Röhre in Verbindung stehen müßte, die etwas unter dem Wasserspiegel ausmündete. Das Speisewasser würde unten in den geneigten Kessel eingedrückt, der gänzlich mit Wasser gefüllt und von dem Rauch- und Gasstrom umgeben sein könnte, der, abwärts gehend, den gemauerten Kanal durchströmte, in welchem dieser Kessel liegt, ehe er sich in die Esse begiebt. Geneigte Siederöhren mit ähnlichen Einrichtungen, wie die vorliegenden, sind in Deutschland von Henschel und in Frankreich von Farcot angewendet worden.

Heizkraft verschiedener englischer Steinkohlen. Wir beschließen das letzte Capitel unseres Werks mit einer Tabelle über die Wassermengen, welche zu Oldford durch verschiedene Arten englischer Steinkohlen verdampft worden sind; es ist diese Tabelle von Herrn Wickstеed aufgestellt worden.

Beschaffenheit und Fundort des verbrannten Brennmaterials.	Wasser, welches durch 1 Kilogr. Brennmaterial verdampft worden ist.
	Kilgr.
Die besten Steinkohlen aus Wales	9,493
Anthracit aus Wales	9,014
Die besten kleinen Steinkohlen von Newcastle . . .	8,524
Mittlere Steinkohlensorte von Newcastle	8,074
Mittlere Steinkohlensorte aus Wales	8,045
Koaks aus den Glashütten	7,908
Gemenge, welches zur Hälfte aus Koaks und zur andern Hälfte aus kleinen Steinkohlen von Newcastle besteht	7,897
Gemenge, zur Hälfte aus Newcastler und zur Hälfte aus Waleser Steinkohlen bestehend	7,865
Gemenge aus Derbyshirer und kleinen Newcastler Steinkohlen	7,710
Mittlere Qualität von Newcastler Stückkohlen . . .	7,658
Steinkohlen aus Derbyshire	6,772
Steinkohlen des Hauptflötzes von Blythe in Northumberland	6,600

Wir wollen nun zuvörderst von einigen besondern Arten von Wasserhaltungs-Dampfmaschinen reden. — Ein großer Uebelstand für die Dampfmaschinen sind die Balanciers, welche sie vertheuern und die Reibung vermehren. Man hat daher auf alle mögliche Weise sie zu vermeiden gesucht.

Wir wollen hier zuvörderst eine Maschine beschreiben, welche direct wirkt und die bei einer Steinkohlengrube in der Commune Ans und Glain in Belgien, zur Bewegung einer Saug- und Druckpumpe im Betriebe ist.

Die Triebkraft wird dem Schachtgestänge unmittelbar mitgetheilt, indem letzteres eine Verlängerung der Kolbenstange ist. Die Maschine arbeitet mit Hochdruckdämpfen, ohne Condensation und ist einfach wirkend.

Es würde unter andern Umständen, als den vorliegenden, z. B. bei einem leichten Schachtgestänge möglich sein, auch doppelt wirkende Maschinen anzuwenden, jedoch würde dieß durchaus nicht zweckmäßig genannt werden können; indem Wasserhaltungs-Dampfmaschinen einfach wirkend sein müssen. Will man den Dampf bei direct wirkenden Maschinen, auf den Kolben wirken lassen, um seine Kraft der Schwere des Gestänges hinzuzufügen, so daß das Wasser in den Steigröhren aufgehen muß; so wirkt das Schachtgestänge drückend und dieser Druck veranlaßt Seitenbiegungen, wodurch ein Kraftverlust veranlaßt und das Gestänge mehr oder weniger bald in Unordnung bringen würde.

Die Maschine muß daher unter den obigen Bedingungen betrieben werden, indem dieselben unter den jetzigen Umständen unerläßlich sind; denn sie muß: 1) wegen der geringen Kolbenoberfläche, auf die der Dampf drückt,

um das Gewicht des Gestänges zu überwinden, mit Hochdruck arbeiten. 2) Sie muß einfach wirkend sein, weil das Gewicht des Gestänges mehr als hinreichend ist, um das Wasser auszudrücken. 3) Die Maschine muß beim Niedergange des Kolbens ohne Condensation arbeiten, denn man könnte sie während dieses Niederganges gar nicht gebrauchen, indem das Gewicht des Gestänges weit bedeutender ist, als das Gewicht des zu hebenden Wassers und als die Kraftverluste. Ueberließe man das Gestänge sich selbst, so würde es plötzlich zurückfallen, nachdem es den höchsten Standpunkt erreicht hätte und würde Brüche veranlassen, sowohl bei den Kunstsätzen, als auch bei der Dampfmaschine. Man muß daher unter dem Kolben, während dessen Niedergange, Dampf in den Cylinder lassen. Seine Spannung ist so regulirt, daß der Niedergang nicht gehindert wird und daß er jedoch hinreicht, um nicht zu plötzlich zu erfolgen. Beim Aufgange des Kolbens würde jedoch die Condensation ganz zweckmäßig sein.

Bei der bis jetzt angewendeten, direct wirkenden Wasserhebungs-Dampfmaschine mußte das Gesammtgewicht des Schachtgestänges, der Pumpenstangen, des Dampfkolbens, der Kolbenstange rc., im Verhältniß zu dem Gewicht der zu hebenden Wassersäule, sehr genau bestimmt werden. Bei einfach wirkenden Maschinen muß dieses Gewicht, nach Abzug der Kraftverluste, gleich dem Gewicht der Wassersäule und bei doppelt wirkenden Maschinen gleich der Hälfte des Gewichts derselben sein.

Man wird leicht einsehen, daß diese Bedingung nur schwer zu erfüllen ist, indem das Gestänge noch einer anderen, noch wichtigeren Bedingung entsprechen muß. Es muß nämlich den Brüchen, welche bei dem Gange der Maschine veranlaßt werden könnten, Widerstand leisten können. Man muß daher zu dem Schachtgestänge ein Material benutzen, welches nicht leicht sein kann, so daß dessen vorherige Berechnung Schwierigkeiten hat.

Bis jetzt hat man bei den direct wirkenden Maschinen dieser Art zur Ausgleichung des überschüssigen Gewichts ein Gegengewicht angewendet, welches mit dem einen Ende einer Kette verbunden ist, deren anderes Ende an dem oberen Theil der Dampfkolbenstange befestigt ist, und deren mittler Theil über eine Rolle läuft. Auch Gegenbalanciers hat man angewendet.

Bei der Maschine der Grube B o n n e - F o r t u n e, die wir hier beschreiben, wird das Uebergewicht durch eine Art Presse (Comprimeur) ausgeglichen. Der Apparat besteht in einer Röhre, welche von dem Cylinderboden aus und in einen Wasserbehälter geht. Im Innern dieser Röhre ist irgend eine Schließplatte angebracht, die man mit der Hand bewegen und mit deren Hülfe man den Querschnitt der Röhre verändern kann. Wenn man Dampf unter den Cylinder einströmen läßt, so ist die Verbindung zwischen demselben und der Preßröhre unterbrochen; sie stellt sich wieder her, sobald der Kolben seinen höchsten Standpunkt erreicht hat und wieder niedergeht. In dem Augenblick des Niederganges sucht der Dampf in Folge seiner Spannung und der Einwirkung des Kolbens durch die Preßröhre in die Atmosphäre zu entweichen, welche, da sie einem schnellen Ausströmen keinen hinreichenden Querschnitt darbietet, dem Dampf gestattet, dem zu schnellen Niedergange des Kolbens einen zweckmäßigen Widerstand zu leisten.

Wir machen nun noch einige Bemerkungen über die in Oberschlesien angewendeten Wasserhaltungs-Dampfmaschinen, wobei wir eine Arbeit des Hrn. Oberbergraths von Carnall in Bonn benutzen.

In den letzten Jahren sind auf oberschlesischen Gruben häufig Dampfmaschinen bei der Wasserhebung in der Art angewendet worden, daß man eine gewöhnliche Krummzapfen-Maschine (ohne oder mit Balancier) errichtete, auf die Schwungradwelle ein Getriebrad befestigte, und dieses in ein größeres Stirnrad eingreifen ließ, dessen Welle zwei Krummzapfen trägt, welche vermittelst — horizontaler — Leitstangen zwei Halbkreuze bewegen, woran die Pumpenstangen angeschlossen sind. Bei den dortigen flachen Teufen werden gemeiniglich im Schachte nicht mehr als 2 Pumpen eingebaut, und diese entweder neben oder über einander gestellt, wobei darauf zu sehen ist, daß beide eine ganz gleiche Betriebskraft in Anspruch nehmen. Aus der Stellung der Pumpen ergiebt sich die Entfernung der beiderlei Gestänge und daraus wieder diejenige der beiden Krummzapfen oder vielmehr der Abstand der zwei senkrechten Ebenen, in denen sich ihre Warzen bewegen.

Die Krummzapfen werden an der vorgelegten Welle verschieden hergestellt. Zuweilen findet man den einen am Ende der Welle aufgekeilt, und statt des zweiten Krummzapfens nur einen Nocken im Arme des Stirnrades, welches solchenfalls auf dem andern Ende der Welle sitzen muß. So sehr sich eine dergleichen Anordnung durch Einfachheit empfiehlt, so beschränkt sie jedoch meistens die Länge der Welle in einem solchen Grade, daß diese nicht in ihrer festen Lage zu erhalten, sondern einem steten Schwanken ausgesetzt ist. Anderwärts sieht man ebenfalls die eine Warze an dem Zahnrade, dagegen den andern Krummzapfen in der Mitte der Welle hergestellt, was besser, weil diese länger sein kann. Beide Krummzapfen in letzterer Art zu bilden, gestattet zwar die größte Wellenlänge, bedingt aber bei dem doppelten und nach entgegengesetzten Seiten hin zu gebenden Ausbiegungen derselbe eine beträchtliche Eisenstärke. Haben die Pumpenstangen eine hinreichende Entfernung von einander, so ist es am allerbesten, das Stirnrad genau in die Mitte der Welle zu legen und die Krummzapfen an deren Enden aufzusetzen. In solchem Falle statt ihrer 2 runde Scheiben zu nehmen, in welche die Warzen eingesetzt sind, ist nur da zulässig, wo das Pumpenwerk keine große Kraft in Anspruch nimmt. Dergleichen Scheiben gewähren dann die Annehmlichkeit, daß man darin mehrere Löcher in verschiedenem Abstande vom Centro haben, mithin den Hub der Pumpenkolben beliebig verändern kann. Andere complicirtere, oder auch nur bei ganz schwachen Pumpen anwendbare Krummzapfen-Formen oder die Anlage von doppelt wirkenden Pumpen, wozu nur ein Krummzapfen erforderlich, sowie die Einrichtung, wo von einem Krummzapfen eine Gelenkstange ausgeht, an welcher beide Halbkreuze, mit gegen einander gekehrten Lastarmen, angeschlossen sind, dürfen wir hier übergehen, da von ihnen für bergbauliche Zwecke doch wohl nur selten Gebrauch zu machen ist.

Man mag nun die eine oder andere Einrichtung des Vorgeleges wählen: immer hat eine Bewegung der Pumpenstangen durch Krummzapfen das Gute, daß die Wassersäulen in den Kunstsätzen mit allmählich zunehmender

Geschwindigkeit zum Steigen und in gleicher Weise auch wieder in Ruhe kommen, so wie daß die Kolben ganz sanft umsetzen, mithin kein erhebliches Aufschlagen ihrer Klappen und der Ventilklappen stattfindet. Dagegen ist mit der Zahnradverbindung zwischen der Krummzapfenwelle und der Schwungradwelle der Uebelstand verbunden, daß die Zähne des Stirnrades an ersterer Welle sich unvermeidlich ungleich abnutzen. Es liegt dieß in dem Umstande, daß die Krummzapfen-Warzen zu einem jeglichen Zahne jenes Rades stets ein und dieselbe fixe Stellung behalten, daß daher das Umsetzen einer jeden solchen Warze (wo nämlich die vorher gezogene Leitstange nun umgekehrt an der Warze zieht) nothwendiger Weise auf gewisse Zähne eine Art Stoß ausübt, dessen Stärke natürlich mit der Abnutzung der betroffenen Zähne zunimmt. Außerdem leiden auch diejenigen Zähne mehr, welche von den vorgedachten um einen Viertelkreisbogen entfernt liegen, weil diese Zähne vom Getriebe gegriffen werden, wenn die wirkende Krummzapfenwarze auf demjenigen (höchsten oder tiefsten) Punkte ihres Laufes steht, wo sie mit dem vollen Hebelsarme arbeitend, die Wassersäule der betreffenden Pumpe mit dem Maximo der Geschwindigkeit bewegt. Diese Uebelstände werden namentlich bei hölzernen Zähnen bald sehr bemerkbar, daher wir deren Anwendung in solchen Vorgelegen für unpassend halten, vielmehr dergleichen Räder immer ganz aus Gußeisen herzustellen rathen; auch ist es zweckmäßig, die Kränze mit den Zähnen recht breit zu nehmen, was nicht nur die Abnutzung vermindert, sondern auch den Gang sanfter macht.

Mit dem zweiten der so eben gerügten Uebelstände steht noch ein anderer in Verbindung. Schon aus der ungleichen Geschwindigkeit des Wassers in den Pumpen ist zu entnehmen, daß die Kraft-Aeußerung an dem Umfange des Stirnrades eine ungleichförmige sein muß, und diese Ungleichförmigkeit wirkt natürlich durch das Getriebe auf den Gang der Maschine zurück. Bekanntlich wird die Zahl der Zähne des Getriebes mit ihrem Verhältniß zu der Zähnezahl am Stirnrade so angenommen, daß es immer möglichst lange dauert, ehe sich dieselben Zähne wieder begegnen. Daraus folgt, daß der Krummzapfen an der Schwungradwelle gegen diejenigen der vorgelegten Welle in die verschiedensten Stellungen kommt. Unter diesen Stellungen tritt von Zeit zu Zeit eine solche ein, wo der Maschinenkrummzapfen auf dem höchsten oder tiefsten Punkte seines Umlaufes steht, wenn der eine oder andere der vorgelegten Krummzapfen seine Last mit der größten Geschwindigkeit bewegen soll, wo mithin das Minimum der Kraftäußerung mit dem Maximo der Belastung zusammenfällt. Das Schwungrad müßte unverhältnißmäßig groß und schwer sein oder sich ungemein rasch umdrehen, um so beträchtliche Ungleichheiten völlig aufzuheben. Darum sieht man dergleichen Maschinen, besonders wenn sie etwas reichlich belastet sind, bald rascher bald langsamer umgehen, je nachdem die gegenseitige Stellung der zweierlei Krummzapfen wechselt; ja bei einem recht langsamen Umgange, bei welchem des Schwungrades Einfluß immer schwächer wird, bleibt auch wohl die Maschine ganz stehen.

Diese, im Mechanismus einer solchen Einrichtung liegenden Uebelstände sind in ihrer Verbindung wohl geeignet, um den Vortheil der sanften

Pumpenkolben-Umsetzung wieder aufzuheben, und zwar um so mehr, als wir zeigen werden, daß man jene in dem Spiele des Krummzapfens liegende Annehmlichkeit auch erlangen kann, ohne sich eines Zahnrad-Vorgeleges zu bedienen.

Dem gemäß spricht für die besagten Wasserhebungs-Maschinen fast nur der Umstand, daß bei ihnen dem Dampfcylinderkolben eine bedeutende Geschwindigkeit gegeben und dennoch diejenige der Pumpenkolben innerhalb der Grenzen gehalten werden kann, welche bei Bewegung von Wassersäulen in Kunstsätzen zu beobachten sind. Denn nicht nur, daß die Anzahl der Schachtkolbenhübe, durch das Verhältniß von dem Getriebe zu dem Stirnrade angemessen sich bestimmen läßt, so ist auch außerdem noch die Höhe des Hubes der Pumpenstangen durch die Krummzapfen-Länge, und durch das Hebelsverhältniß in den Armen der Kunstkreuze zu reguliren. Läßt sich aber dem Dampfkolben eine große Geschwindigkeit geben, so können die Cylinderweite, sowie die Dimensionen von fast allen anderen Maschinen-Organen *) um so kleiner sein, mithin deren Ankaufskosten niedriger ausfallen, als wenn der Geschwindigkeit des Dampfkolbens engere Grenzen angewiesen sind, wie z. B. bei allen direct wirkenden Maschinen. Darin liegt es, daß sich die Anwendung der Krummzapfen-Maschinen bei der Wasserhebung vervielfältigte, und ganz besonders gab die Einrichtung von dergleichen Hochdruck-Maschinen dazu noch öftere Veranlassung.

Berücksichtigt man nun, daß der Ankauf einer Maschine gewöhnlich nach Zahl ihrer Pferdekräfte erfolgt, und daß dabei meistens bloß über Lieferung der Maschine contrahirt, das ganze Vorgelege dagegen, mit Krummzapfen, Kunstkreuzen und allem Zubehör, ja zuweilen auch selbst der Kessel für besondere Rechnung der Grube angeschafft wird, so gewinnt es freilich den Anschein, als sei eine Maschine der in in Rede stehender Art billiger als irgend eine andere herzustellen.

Man ist dabei bis zu einer Stärke von 10 — 12 Pferdekräften und selbst noch darüber hinausgegangen, obwohl es bei zunehmender Größe immer weniger einem Zweifel unterliegt, daß, abgesehen von besondern örtlichen Umständen, man besser thut, eine einfach und direct wirkende Dampfmaschine zu wählen. Denn selbst, wenn die gesammten Baukosten dadurch etwas steigen, so wird dagegen die Ausgabe für Betrieb und Unterhaltung der Maschine ungleich billiger kommen, auch jedenfalls die ganze Anlage an Solidität gewinnen. Sicherstellung der Wasserhebung ist aber in den meisten Fällen die Bedingung für die ganze Existenz der Grube, von welcher oft noch wieder der Betrieb anderer wichtiger Werke unmittelbar abhängt.

---

*) Es versteht sich, daß hierbei die Kessel auszunehmen sind, weil deren Größe sich allein nach dem Dampf-Bedarfe richtet, dieser aber sogar steigen muß, wenn durch vermehrtes Zwischengeschirr die Hinderniß-Last vergrößert, mithin der reine Nutzeffect der Dampfkraft geschmälert wird, während das Maß der zu leistenden Arbeit feststeht.

Daß der auf den Brennstoff-Verbrauch bezogene Nutzeffect bei diesen Maschinen mit einer Steigerung ihrer Geschwindigkeit herabgehen muß, wolle man aus Pambour (Neue Theorie der Dampfmaschine, deutsch von Dr. C. H. Schnuse, Braunschweig 1839) S. 108 u. f. w. entnehmen.

Es liegt nicht in unserer Absicht, hier vollständig die in neuerer Zeit häufig gehörte Frage zu erörtern: ob Hochdrucker vor Niederdruck- (Condensations-) Maschinen einen Vorzug haben? Die Entscheidung derselben hängt indessen zu innig mit unserm Thema zusammen, als daß wir nicht einige Bemerkungen darüber machen sollten.

Bei der großen Einfachheit der Hochdrucker, und weil deren Dampfcylinder nebst vielen anderen Theilen weit kleiner ausfällt, kommt die Maschine selbst natürlich billiger zu stehen; allein die dazu gehörigen Kessel sind wegen der mehreren Blechstärke in Material und Arbeit um so viel kostspieliger, daß dieses den Kaufpreis-Unterschied zum größten Theile ausgleicht, und wenn man für eine Reihe von Jahren sich die Ausgabe für Kesselreparaturen capitalisirt denkt: so dürfte der Vortheil mit wenigen Ausnahmen, auf Seiten der Niederdruck-Maschinen sein.

Mag auch feststehen, daß ein Pfund Wasserdampf in der Summe der latenten und freien Wärme stets dieselben Temperaturgrade enthalte, seine Spannung sei hoch oder niedrig, so ist dennoch unleugbar, daß zur Erzeugung einer gewissen Gewichts-Quantität Hochdruckdampf mehr Brennmaterial erfordert wird, als zu einem gleichen Gewichte schwächer gespannten Dampfes. Denn je höher die freie, d. h. die durch das Thermometer bestimmbare Wärme desselben, um so heißer muß die Feuerluft sein, wenn sie die Kesselwände verläßt, also der Wärme-Verlust mit der Dampfspannung steigen. Dazu kommt nun noch, daß die nothwendige größere Blechdicke der Hochdruck-Dampfkessel jenen Verlust erhöht und dieß ganz besonders, wenn die Nahrungswasser Pfannenstein absetzen. Endlich steigt aber der Dampfverlust auch darum mit der Spannung, weil durch die nie ganz zu vermeidenden Undichtigkeiten der Kessel und Dampfleitungen um so mehr Dampf entweicht, je höher derselbe gespannt ist.

In alle dem liegt es, daß bei Hochdruck-Maschinen mit einer gewissen Quantität Brennmaterial weit weniger Pfunde Dampf zu erzeugen und nutzbar zu machen sind *).

Behalten wir hier bloß unsere Bergwerksreviere im Auge, so wird der bei Hochdruckern unvermeidliche Mehr-Aufwand an Brennstoff um so kostbarer, je entfernter die Maschine von den Förderpunkten der Steinkohle liegt, also namentlich für unsern metallischen Bergbau. Doch selbst auf Steinkohlengruben bleibt derselbe ein Gegenstand von Erheblichkeit, seitdem diese Zechen nicht nur ihre ganze Förderung von kleinen Kohlen debitiren, sondern auch dafür einen höheren Taxpreis erhalten als früher. Ferner kommt dort bisweilen noch ein anderer Umstand in Betracht. Manche Flötze schütten aus dem Schrame oder von gewissen anderen Bänken ein unreines, auch wohl an sich selbst minder gutes Kohl, dessen Verkauf leicht dem Absatze schaden, und das dennoch ganz geeignet sein kann, um es auf der Grube selbst, zur Kes-

*) Daß sich der ausströmende Dampf noch zu andern Zwecken benutzen läßt, (z. B. zu Heizungen ꝛc.), entscheidet in Fabriken oft für die Wahl von Hochdruckern, dürfte aber bei Bergwerksmaschinen so selten vorkommen, daß wir dieß Motiv für die Wahl von Hochdruckern in dem Contexte füglich übergehen konnten.

sel-Feuerung bei einer Niederdruck-Maschine anzuwenden, während es für einen Hochdrucker ganz unbrauchbar wäre. Es ist letzteres eine mehr als einmal beobachtete Thatsache; und wäre zu wünschen, daß darüber öfters gründliche Versuche angestellt würden, um sich zu überzeugen, was eine gewisse Maß- oder Gewichtseinheit von Steinkohle, die man von ein und demselben Flötze und sogar von derselben Bank zu nehmen hätte, bei einem Hochdrucker oder bei einer Niederdruckmaschine zu leisten vermag? Es versteht sich aber, daß diese Leistung nicht sowohl aus dem Effecte der Maschine, sondern aus der Menge des erzeugten Dampfes und seiner Spannung abgeleitet werden muß.

Dieß hier nicht weiter verfolgend, können wir indessen als ausgemacht annehmen, daß unter sonst gleichen Umständen Niederdruck-Dampf billiger zu erzeugen ist, als hochgespannter. Wenn man sich daher demungeachtet für den letzteren bestimmen soll, so müssen besondere Gründe dieß motiviren.

Es ist durch die gewaltigen Cornwall'schen Wasserhebungsmaschinen überzeugend dargethan, wie vortheilhaft es sei, Hochdruckdampf zu erzeugen, diesen in der Maschine sich expandiren und demnächst durch kaltes Wasser niederschlagen zu lassen. Die große Leistung dieser Maschinen in ihrem mit einer gewissen Steinkohlen-Quantität hervorgebrachten Nutz-Effecte an gehobenem Wasser beruht freilich nicht allein auf jenem Principe, sondern vielleicht in gleichem Maße auch noch auf anderen Umständen, von denen wir hier nur die reichliche Verdampfungsfläche und die geringe Blechstärke bei den dortigen Kesseln, die sorgfältige Einhüllung sämmtlicher Dampforgane, die intelligente Bewartung und genau abgemessene Feuerung, so wie die höchst saubere Ausführung der ganzen Maschine und des Kunstgezeuges, endlich aber auch noch die äußerst mäßige Geschwindigkeit des Dampfkolbens und der Wassersäulen anführen wollen. Immerhin bleibt es unläugbar, daß das Princip dieser Maschinen die vortheilhafteste Benutzung des Dampfes gestattet und für alle Oertlichkeiten zu empfehlen ist, wo Condensationswasser zu Gebote stehen und ein nur irgend zur Hochdruckdampf-Erzeugung geeignetes Brennmaterial zu haben ist, ganz besonders aber für große Pumpen-Maschinen.

Mit Anwendung der Expansion steigen aber sogleich wieder die Dimensionen der Dampforgane, dazu treten die Condensirungs-Apparate und die kostbaren Kessel, wonach solche Maschinen theurer als andere kommen, und sich auch darum nur für die größeren Pumpenwerke eignen, wo die möglichste Ermäßigung des Kohlenverbrandes und äußerste Sicherstellung der Wasserhaltung erlangt werden.

Oft wird die Wahl eines Hochdruckers durch den gänzlichen Mangel an Condensations-Wassern, oder wenigstens durch die Schwierigkeit, dergleichen zu beschaffen, bestimmt. Je nach der Temperatur dieses Wassers und dem Grade der Dampf-Niederschlagung (der Temperatur im Condensator) kann jene Wassermenge das 10- bis 25fache derjenigen betragen, die man zur Dampferzeugung braucht *). Sollte nun ein solcher Bedarf etwa

*) Man vergleiche die 37. Tafel, Seite 227, des bergmännischen Taschenbuchs I. Jahrgang 1844.

aus einer beträchtlichen Teufe heraufgehoben werden: so könnte deren Beschaffung, im Verein mit Bewegung der Luftpumpe, am Ende mehr Kraft verzehren, als mit der Condensation zu gewinnen wäre. Auf andern Punkten würden die Wasser nur durch Anlagen zu erhalten sein, deren Kosten den Vortheil aufwiegen. Namentlich kommt dieß da vor, wo die Gruben-Wasser wegen Säuregehalt nicht zu benutzen sind. Allerdings läßt sich in jenem Falle die Menge der zu hebenden Wasser dadurch vermindern, daß man sie nach gemachtem Gebrauche in einem geräumigen Bassin auffängt, sich darin abkühlen läßt und gleichsam im Umkreise benutzt. Indessen bleibt immer ein starker Verdunstungsverlust zu ersetzen, und in den Sommermonaten geht die Abkühlung nicht weit genug, als daß auf eine hinreichend kräftige Condensation zu rechnen wäre. Was aber diese zurück bleibt, muß durch eine mehrere Dampfspannung oder durch eine Verminderung der Expansion ersetzt, also mit einem mehreren Brennstoffaufwande erkauft werden. Bei sauren Wassern wendet man zwar eigenthümliche Apparate an, wo die Condensation innerhalb dünner kupferner Röhren erfolgt; allein sie ist nie so vollkommen zu erreichen, als bei einer wirklichen Einspritzung in den Condensator.

Ganz besonders bei Dampf-Göpeln ist man oft wegen der Wasser-Versorgung in Verlegenheit, wenn nämlich entweder bei beträchtlicher Teufe ein Pumpenwerk theils in der Anlage kostbar, theis in seinem Betriebe zu kraftraubend ausfallen möchte, oder wenn — wie auf Steinkohlengruben häufig — die Grubenwasser sauer sind. Allein hier entscheidet man sich schon ohnehin nicht ungern für einen Hochdrucker. Denn Dampf-Göpel pflegen einer öfteren Versetzung zu unterliegen, und da ist es von Wichtigkeit, daß Hochdrucker nicht nur an sich leichter sind, sondern darum auch geringerer Fundamentirung und selbst eines kleineren Gebäudes bedürfen. Noch wichtiger ist aber der Umstand, daß hier ein Hochdrucker sich zu der Arbeit selbst weit vortheilhafter macht. Alle dergleichen Göpel sind nämlich, wegen des Anschlagens und Abhängens der Fördergefäße, oft in ihrem Umgange unterbrochen. Unterdeß man den während eines solchen Stillstandes sich erzeugenden Dampf bei einer Niederdruckmaschine ungenutzt entweichen lassen muß, mehrt sich bei einem Hochdrucker, falls die Unterbrechung nicht etwa zu lange dauert, bloß die Spannung des Dampfes; es sammelt sich im Kessel gleichsam ein Vorrath von Kraft an, so daß beim Wiederanlassen der Maschine der Dampf desto stärker wirkt, was um so erwünschter, als gerade beim ersten Anbeben, wo sich das eine Seiltrumm mit seiner ganzen Länge im Schachte befindet, die Last am größten ist. Deßwegen sind auch bei dergleichen Hochdruckern die Spiralkörbe ganz unnütz, oder wo es darauf ankommt möglichst rasch zu treiben, sogar nachtheilig, indem sie die durchschnittliche Geschwindigkeit vermindern, deren Maximum eine gewisse Grenze nicht übersteigen kann *).

Wir bemerkten so eben, daß man für Dampfgöpel oft schon darum

*) Als ein solches Maximum lassen sich für die Geschwindigkeit der Fördergefäße in einem saigern Schachte 10 Fuß auf die Secunde annehmen, was jedoch natürlich nur bei beträchtlichen Teufen anwendbar ist.

einen Hochdrucker wähle, um die Versetzungen zu erleichtern. Dieselbe Rücksicht kann nun noch bei manchen Wasserhaltungs-Maschinen Platz greifen, wie namentlich auf Punkten, wo man bloß versuchsweise abzuteufen, oder auch überhaupt nur kurze Zeit zu bauen hat. Fälle, in denen es zugleich darauf ankommt, die ganzen Anlage-Kosten mäßig zu halten, selbst wenn auch darüber die Maschinen-Betriebskosten etwas höher ausfallen sollten.

Es macht sich indessen bei der Wasserhebung häufig auch noch eine andere Rücksicht geltend, welche sogar für sich allein die Wahl eines Hochdrukkers entscheiden kann. Wenn man nämlich einen neuen Tiefbau auszurichten hat: so ist die Menge der zu erschrotenden Wasser fast immer unbekannt, und selbst wenn man sie für den Anfang wüßte, würde man doch bei Bestimmung der Maschinenkraft auf eine künftige Vermehrung der Zuflüsse mit zunehmender Ausdehnung des Baues bedacht sein müssen. Darum bleibt in allen Fällen der Art die Bestimmung der Stärke einer Pumpenmaschine etwas sehr Mißliches, und so kann in noch höherem Grade ungewiß sein, wenn man auch die Teufe nicht kennt, in welche man niederzugehen haben wird. Eine Sache, die bei unserem Galmei-Bergbau nicht selten vorkommt. Es fehlt sodann alles Anhalten zur Feststellung der Maschinenstärke.

Wählt man nun, um sich für alle Fälle zu sichern, eine recht große Maschine, so sind es bei hinterher vielleicht sehr mäßigen Wasserzuflüssen oder bei unvermuthet flacherer Teufe, nicht die hohen Anlagekosten allein, deren Aufwand man zu bedauern hat, sondern es ist fast noch unangenehmer, daß die Maschine nun bei einer ganz ungenügenden Belastung nicht den besten Effect zu entwickeln vermag. Am ungünstigsten zeigen sich darin besonders Niederdruck- (Condensations-) Maschinen. Denn wenn hier die Schachtpumpen nicht diejenige Länge erreichten, womit sie der vortheilhaftesten Wirkung des Dampfes und dem Grade seiner Condensation entsprochen hätten, so bleibt fast kein anderer Ausweg, als die Condensation unvollkommen erfolgen zu lassen, mithin den, mit theurem Brennstoff erzeugten Dampf unvollständig zu benutzen. Denn die Kunstsätze mit anderen von größerer Weite auszutauschen, ist in den meisten Fällen nicht möglich, und das Hinzubauen von Pumpen hat auch oft seine großen Schwierigkeiten.

Bleiben aber die Wasser weit mäßiger, als man rechnete, so hat die Herabstellung der Hubzahl, wenn an der Maschine nicht dafür besondere Steuerungs-Einrichtungen getroffen sind, auch ihre Grenze, über welche hinaus kein anderer Ausweg offen bleibt, als die Maschine abwechselnd ein paar Stunden ruhen zu lassen, womit natürlich ein großer Verlust an Brennmaterial verbunden ist, weil man während des Stillstandes das Kesselfeuer nicht ganz unterbrechen kann.

Die Hublänge im Cylinder zu verkürzen, ist ein Auskunftsmittel, von dem man nie gern Gebrauch macht, und welches auf längere Zeit ganz unstatthaft ist, weil man die Cylinderoberfläche einem ungleichen Abschliff aussetzen würde.

Besonders unangenehm ist eine solche Maschine von unverhältnißmä-

ßiger Stärke beim Absinken des Kunstschachtes selbst, wobei man die Pumpen fortwährend im Schnarchen halten muß, ohne daß sie hinreichend Wasser haben. Die Regulirung der Maschine ist dabei ungemein schwierig.

Für alle solche Fälle gewähren die Hochdrucker den großen Vortheil, daß die Dampfspannung sich unmittelbar nach der Belastung richtet, daß man also nicht mehr und keinen stärkeren Dampf zu erzeugen braucht, als die jedesmalige Ladung der Maschine, nämlich die nöthige Hubzahl und das wirkliche Wassersäulengewicht in den Pumpen erheischen, daß mithin Kraftaufwand und Arbeit der Maschine stets in einem richtigen Verhältniß bleiben. Allerdings giebt es auch hier eine gewisse nicht zu überschreitende Grenze, wie z. B. wenn von dem Dampfdrucke ein gar zu kleiner Theil als wirklicher Ueberdruck zur Benutzung käme, oder wenn man einem übermäßig großen Kessel nur ganz geringe Dampfquantitäten entnähme. Immerhin ist es klar, daß ein Hochdrucker einen ungleich größeren Spielraum für die Ladung darbietet, und daß diese innerhalb weiter Grenzen noch im richtigen Verhältniß zur Maschinenkraft oder vielmehr zur Dampferzeugung bleibt.

Dazu kommt, daß die Kessel der Hochdrucker, ihrer Blechstärke nach, stets noch einige mehrere Dampfspannung vertragen, und daß darum die Leistung dieser Maschinen nöthigenfalls nicht unbeträchtlich zu steigern ist, wenn man nur — was stets anzurathen — die Kessel groß genug herstellte. In solchen Umständen liegt es, daß trotz unserer obigen Bemerkung über den Wärmeverlust bei der Dampferzeugung, dennoch Hochdrucker sich sogar hinsichtlich des auf den Kohlenverbrand bezogenen Nutzeffectes vortheilhafter zeigen können, als Niederdruck-Maschinen, wenn letztere nämlich nicht vollständig beladen sind, und eben darum wird es oft rathsam, jenen vor diesen den Vorzug zu geben.

Es läßt sich in der That keine einfachere Maschinerie denken, als ein einfach wirkender Hochdrucker. Ein Cylinder mit 2 oder (besser!) 3 Dampf-Ventilen, dessen Kolbenstange durch eine Parallel-Bewegung in ihrem Gange regulirt und an einen eisernen Balancier angeschlossen ist, an welchem andererseits das Pumpengestänge hängt. Die Steuerungsstange trägt zugleich den Stempel der Kesselspeisungspumpe, die aus einer Cysterne ansaugt, worin das Wasser durch den ausgeblasenen Dampf vorgewärmt wird. Schon in dieser geringen Anzahl integrirender Theile liegt eine erwünschte Bürgschaft für die Solidität einer solchen Maschine. Außerdem gewährt selbige die Annehmlichkeit einer äußerst einfachen Bewartung und ganz besonders einer so leichten Regulirung, wie bei einer andern Dampfmaschine zu erlangen ist. Der Cylinderkolben läßt sich beim Auf- und Niedergange auf jeder beliebigen Stelle augenblicklich arretiren, und der Gang bleibt immer regelmäßig, ob man mit einer starken oder ganz schwachen Ladung arbeitet, indem man nur die Dampfspannung der Last gemäß zu reguliren, d. h. das Kesselfeuer angemessen zu leiten hat. Ja man kann eine solche Maschine sogar ganz leer umgehen lassen, wenn man an dem Balancier statt des Pumpengestänges bloß ein Gegengewicht anhängt, welches das Aufsteigen des Dampfkolbens bewirkt — und dennoch wird sie sich regelmäßig, so wie in beliebiger Geschwindigkeit selbst umsteuern.

Alles dieß sind Eigenschaften, welche namentlich beim Abteufen eines Kunstschachtes, wo die Wassersäule erst allmählich zunimmt, höchst erwünscht sein müssen. Sie sind es aber auch in allen Fällen, wo nach Erreichung der erforderten Teufe auf eine spätere Zunahme der Grubenwasser zu rechnen ist, mithin zu deren Hebung ein größerer Aufwand von Maschinenkraft nöthig wird.

Eine Maschine, wie wir sie so eben betrachteten, läßt sich indessen natürlich nicht in einem allzu kleinen Maßstabe ausführen, wenigstens dürfte damit wohl nicht unter eine Kraft von 15 bis 12 Pferdekräften herabzugehen sein, weil sonst dem Gange nicht mehr die gehörige Regelmäßigkeit zu geben ist. Mit der Verengung des Cylinders muß im richtigen Verhältniß auch die Länge des Kolbenlaufs abnehmen und je kürzer dieser, um so größer wird der Verlust an Dampf im sogenannten schädlichen Raume über dem Kolben, welchen Raum man bekanntlich am besten durch die Krummzapfen-Anwendung auf sein äußerstes Minimum herabbringen kann. Dazu kommt nun noch der Umstand, daß eine einfach wirkende Maschine der vorgedachten Art unter den Balancier-Angewegen entweder eines starken hölzernen Gerüstes (nämlich einer dreifachen Unterstützung durch sogenannte Böcke mit starken Vorstrebungen und Grundschwellen mit tüchtiger Untermauerung) oder gar eines massiven Gebäudes bedarf, dessen Kosten bei einer kleinern Maschine nicht mehr im richtigen Verhältniß zum ganzen Zwecke der Anlage bleiben würden.

Obendrein tritt nun bei solchen kleineren Maschinen, wie wir so eben schon andeuteten, die Nothwendigkeit ein, die Dampfkolbenbewegung durch ein Schwungrad zu reguliren, mithin dem Principe nach, eine wirkliche Krummzapfenmaschine herzustellen. Geht man aber einmal zur rotirenden Bewegung über: so folgt daraus auch ganz von selbst, daß die Maschine doppeltwirkend einzurichten ist, um einen gleichmäßigen Gang zu erzielenund nebenbei den Cylinder und einige andere Maschinentheile besser zu verwerthen.

In diesen Verhältnissen liegt es, daß für ein, weniger als 10 Pferdekräfte in Anspruch nehmendes Pumpenwerk sich nicht füglich eine doppeltwirkende Dampfmaschine wählen läßt. Nicht selten wird aber die Wahl zugleich noch durch andere Umstände bestimmt, und kann sich dann auch wohl selbst auf Maschinen von größerem Maßstabe ausdehnen, wie z. B. wenn eine solche entweder gleichzeitig, oder abwechselnd, oder auch später ganz allein eine andere Arbeit verrichten soll, zu welcher eine drehende Bewegung nothwendig ist, wie z. B. zur Göpelförderung.

In anderen Fällen hat man einen besondern Werth darauf zu legen, daß die Maschine von dem Schachte entfernt bleibe, wenn dieser nämlich im losen oder gar schwimmenden Gebirge abzusinken, mithin leicht ein Nachgehen des umliegenden Erdreichs zu besorgen, darum aber zu wünschen ist, daß die Maschine nicht von dem Bruche ergriffen werde. Bei einer Krummzapfenmaschine mit Zahnrad-Vorgelege läßt sich den Zugstangen zwischen ihr und den Kunstkreuzen schon eine beträchtliche Länge geben, und wenn dieß nicht ausreichte, allenfalls eine Art von Feldgestängen dazwischen legen.

Die Fundamente unter den Zapfenständern der Kreuze bleiben jedoch

der Gefahr des Sinkens ausgesetzt, und obwohl eine Regulirung keine besondern Schwierigkeiten zu haben pflegt: so kann doch ein etwaiges plötzliches Weichen der Kreuze für die Krummzapfen oder die Vorlegwelle selbst gefährlich werden. Auch ist es keine Frage, daß jene Verlängerung des Zwischengeschirres unvermeidlich den Nutzeffect der Maschine beeinträchtigt. Will man aber mit bloß einfachen Zugstangen die zulässige Grenze nicht überschreiten, so dürfte in den meisten Fällen die Möglichkeit nicht beseitigt sein, daß eine Senkung des Gebirges bis in die Maschinenfundamente greife. Denn es sind in unsern Revieren Kunstschachte zum Abteufen gekommen, wo man bis zu 20 Lachtern und selbst noch tiefer mit schwimmendem Gebirge zu kämpfen hatte, und wir haben mehr als ein Mal beobachtet, daß trotz aller Sorgfalt und Aufmerksamkeit bei der Getriebearbeit im Schachte, dennoch das Nachgehen der Tagefläche bis auf 10 Lachter Entfernung von der Hängebank bemerkbar wurde.

Erwägen wir nun, daß die in Rede stehenden Maschinen, namentlich wenn sie (wie es an sich immer vortheilhafter ist) mittelst Balanciers arbeiten, eines breiten Fundamentes bedürfen und daß dieß massiv, im Falle einer Besorgniß vor Senkungen aber in dem besten und festesten Mauerwerk hergestellt werden muß: so steigert dieß die Anlagekosten beträchtlich! Hat man nun damit auch wirklich erlangt, daß das Mauerfundament bei einem Sinken sich nicht aus einander gab: so pflegt solch' Sinken doch nie gleichmäßig zu erfolgen, sondern auf der dem Schachte zugewendeten Seite gemeiniglich mehr zu betragen, als auf der anderen, wonach immer eine Richtung der Maschinentheile nöthig bleibt, und nicht ohne Schwierigkeiten ist. Im aller glücklichsten Falle sind immer noch die Kunstkreuze in Lage und Stellung neu einzurichten. —

Wer jemals mit solchen Widerwärtigkeiten zu kämpfen hatte, wird es natürlich finden, wenn sie den Wunsch erweckten, der ganzen Maschine eine andere Einrichtung zu geben, d. h. deren Organe in eine solche Stellung zu bringen, daß dieselben auf einer einzigen, gut verbundenen Unterlage ruhen, auf dieser wenigstens gegen einander immer die richtige Lage behalten müssen und im Falle einer Senkung des Ganzen bloß die gemeinschaftliche Unterlage zu richten sei. Wünschenswerth wäre es dabei, daß diese aus Holzwerk bestehe und daß keiner der Maschinentheile eine beträchtliche Höhe habe.

Die ersten Maschinen, welche in den hiesigen Bergrevieren den so eben aufgestellten Anforderungen entsprachen, waren zwei vier pferdekräftige Hochdrucker *), zur Wasserhebung angewendet, der eine auf der Scharley-Galmei-Grube und der andere auf der Steinkohlen-Zeche-Florentine, beide im Jahre 1838 erbaut.

Ihre Construction ist im Wesentlichsten folgende:

Der Cylinder (von $8\frac{1}{4}$ Zoll lichter Weite) hat eine schräge Lage, und ist mit 2 seitlich angestoßenen Laschen auf zwei starken Langschwellen aufge-

*) Es waren dieß die ersten Hochdrucker, welche beim oberschlesischen Bergbau Anwendung fanden. Herr von Winkler hatte dieselben bei einer Werkstatt in Westphalen bestellt.

schraubt, welche Schwellen auch alle weiteren Maschinentheile tragen. Das Kolbenstangenkreuz läuft vermittelst Stopfbüchsen auf zwei runden Leitstangen, die einerseits an dem obern Kranz des Dampfcylinders, andererseits an einem besondern Ständer oder Bak angeschraubt sind. Von jenem Kreuzstücke aus laufen 2 Gelenkstangen nach dem, in der Mitte der Schwungradwelle, hergestellten Krummzapfen. Von letzterem geht nun weiter eine Gelenkstange aus, welche den Krummzapfen mit dem Kunstkreuze über dem Schachte in Verbindung bringt. Dieß Kreuz ist dreiarmig, 2 Arme liegen nämlich in einer horizontalen Linie und bilden so eine Art Balancier, dessen Enden die Nocken tragen, woran vermittelst Gabeleisen die Schachtgestänge hängen, von Mittel zu Mittel 7 Fuß von einander entfernt. Der dritte Kreuzarm steht aufrecht, doch nicht rechtwinkelig gegen die vorigen, sondern in einem spitzen, rückwärts nach dem Dampfcylinder hin geöffneten Winkel. Wenn man sich die Cylinderachsenlinie nach dem Kreuze hin verlängert, und dieß Kreuz auf dem halben Hube stehend denkt, so schneidet jene Linie den Nocken im besagten 3. Arme, und bildet gegen die Mittellinie dieses Armes einen rechten Winkel. Zugleich geht dieselbe Linie durch die Achsenlinie der Schwungradwelle. Ist man aber gezwungen, das Kunstkreuz tiefer zu legen, so ergiebt sich die Lage des aufrecht stehenden Armes im mittleren Stande des Kunstkreuzes dadurch, daß man auf die Verbindungslinie zwischen der Achse des Kunstkreuz-Mittelzapfens und der Schwungrad-Achse einen Halbkreis beschreibt; das Mittel des Nockens jenes Armes muß dann in diesem Halbkreise liegen. In solchem Stande giebt nun auch die Entfernung des Nockens von der Schwungradachse genau die Länge der Verbindungsstange dazu. Die Länge des aufrechten Kreuzarmes steht zu derjenigen der anderen 2 Arme in einem solchen Verhältniß, daß, während der Dampfkolben einen Weg von 3 Fuß zurücklegt, die Nocken für die Pumpenstangen einen Hub von nur $2\frac{1}{2}$ Fuß haben. An der Krummzapfenwelle sind außerhalb der Zapfenständer 2 Schwungräder von je 9 Fuß Durchmesser aufgesetzt und außerdem trägt diese Welle 2 Excentrica, das eine zur Bewegung der (Schieber) Steuerung und das andere zum Umtriebe der Druckpumpe für die Kesselspeisung. Die ganze Maschine ruht, wie gesagt, auf 2 Balken von 14 Zoll Stärke, welche auf Querschwellen aufgekämmt und damit verschraubt sind. Letztere Schwellen liegen auf Fundamenten von Ziegelmauerwerk.

Abgesehen von der schrägen Cylinderlage, haben indessen die Maschinen einige sehr wesentliche Mängel, nämlich daß die Vorwärmer mit dem Dampfcylinder unmittelbar verbunden, wodurch eine Abkühlung des Cylinders stattfindet; daß die Büchsen auf den Leitstangen, statt sie mit Metallfuttern zu versehen, bloß mit Hanf geliedert sind, daher die Leitung unsicher ist und deswegen die Cylinderstopfbüchse nie dicht bleiben kann; daß ferner die Druckpumpe durch ein Excentricum bewegt wird und daß ein Aufmachen des Cylinders sehr umständlich ist. Besonders unangenehm ist es aber, daß der Drehpunkt des Kreuzes über dem Schachte liegt und darum die dortige Querschwelle nicht fest genug unterstützt werden kann, so wie daß die Aufhängepunkte für die beiden Pumpenstangen 7 Fuß von einander abstehen, was eine ganz ungewöhnliche Weite des Schachtes bedingt und wo-

bei der Raum in diesem mit den Sätzen schlecht benutzt, obendrein aber mit dem Kunstkreuze und der Querschwelle so überdeckt erscheint, daß man keinen angemessenen Ziehschacht hat. Müßte man nun einen solchen durch größere Länge des Schachtes herstellen, so würden dessen Dimensionen in keinem richtigen Verhältnisse zu dem, doch nur kleinen Kunstgezeuge bleiben, indem dieses kaum den vierten Theil der Schachtscheibenfläche einnähme. Mit dieser steigen aber nicht allein die Arbeitslöhne beim Abteufen, sondern, was oft noch wichtiger, die Befestigung wird immer schwieriger und kostspieliger. Ueberdem soll man im schwimmenden Gebirge in der Größe und Form der Schächte ohne dringende Veranlassung gewisse Grenzen nicht überschreiten.

Durch die leichte und sichere Art der Fundamentirung entsprach jedoch die ganze Einrichtung so sehr dem Bedürfniß an kleinen Maschinen für Versuchschächte und solche Punkte, wo nur auf kurze Betriebsdauer, mithin auf öftere Versetzung der Maschine zu rechnen ist, ganz besonders aber für solche Oertlichkeiten, wo der Baugrund unsicher; daß man darauf bedacht war, die erste Gelegenheit wahrzunehmen, um eine ähnliche Maschine, jedoch unter Beseitigung der so eben gerügten Mängel, herstellen zu lassen. Als daher für die Wasserhebung auf den Gruben zu Danielitz ein doppelt wirkender Hochdruck von 4 Pferdekräften errichtet werden sollte und Herr F. A. Egels zu Berlin dessen Anfertigung übernahm, theilte ihm der Verfasser eine Zeichnung von den, vorhin beschriebenen Maschinen mit, machte ihn auf deren Mängel aufmerksam und gab an, wie statt des dortigen Einen Kreuzes zwei Halbkreuze hergestellt, deren liegende Arme gegen einander gekehrt, dagegen ihre stehenden Arme durch eine Gelenkstange verbunden werden müßten, um die beiden Pumpen-Gestänge in 2½ Fuß Nähe zusammen zu bringen, und die Längenlinie der Maschine quer über einen Theil des Schachtes zu legen, somit also auch einen gehörigen Förderschacht zu erhalten.

Herr Egels, dessen Verdienste um zweckmäßige, einfache und solide Maschinen-Constructionen so allgemein anerkannt sind, hat in der gelieferten Arbeit nicht bloß alle Mängel jener ersten 2 Maschinen glücklich beseitigt, sondern die ganze Einrichtung auch sonst noch so wesentlich verbessert, daß wir uns nicht versagen können, dieselbe hier wenigstens kurz anzudeuten.

Die ganze Maschine ruht ebenfalls auf 2 Langschwellen von etwa 36 Fuß Länge bei 14 Zoll Stärke, welche auf einigen Querschwellen aufgekämmt, auch mit diesen und den Fundamentmauern im Grunde durch Ankerschrauben verbunden sind. Der zwischen jenen 2 Hauptschwellen schräg liegende Dampfcylinder von 8½ Zoll lichter Weite ist am oberen und unteren Ende leicht zugänglich, auch leicht zu schmieren und zu reinigen; die Leitstangen-Büchsen im Kolbenstangen-Kreuze sind mit metallenen Pfannen versehen, so daß die Kolbenstange ganz sicher geleitet und deren Stopfbüchse vollkommen dicht zu erhalten ist. Die oberen der Leitstangen ruhen in einem gußeisernen Ständer, welcher zugleich die Steuerungswelle trägt, an der sich auch der Hebel befindet, woran der Stempel der Kesselspeisungspumpe hängt.

Ganz abweichend ist die Anbringung der Schwungräder und die Bildung des Krummzapfens. Beide Schwungräder hängen nämlich innerhalb der Lagerständer, indem jedes derselben auf seiner Außenseite einen fest eingekeilten Zapfen hat, welche beide Zapfen gleichsam die Schwungradwelle repräsentiren, die also zwischen den Rädern unterbrochen erscheint. Dagegen sind hier diese Räder in 18 Zoll Abstande von ihren Centro an zwei einander gegenüber stehenden und dafür angemessen verstärkten Armen mit einem starken, beiderseits fest verkeilten Bolzen verbunden, welcher zusammen mit jenen 2 Radspeichen den Krummzapfen bildet, und einerseits mit dem Kopfstücke des Cylinderkolbens, andererseits mit dem aufrecht oder doch etwas schräge gestellten Arme des ersten Kunstkreuzes vermittelst Gelenkstangen verbunden ist. Auch hier liegt dieser Kreuzesarm rechtwinklig gegen eine, ihn mit der Cylinderachse vereinigenden geraden Linie; trägt aber in einem, unter seinem Ende angebrachten Vorsprunge die — horizontale — Gelenkstange, welche sein Auge mit dem aufrechten Arme des zweiten, vorgelegten Kreuzes vereint, welche letztere rechtwinklig und so hergestellt ist, daß der obere Bolzen mit dem, so eben gedachten Auge des ersten Kreuzes in gleicher Höhe liegt. Die beiderseitigen liegenden Arme sind, der Aufgabe gemäß, gegen einander gekehrt, wonach der eine aufsteigt, wenn der andere niedergeht. Beide Kreuze zeichnen sich durch eine Form aus, worin Leichtigkeit mit Festigkeit verbunden wurde. Der Hub des Cylinderkolbens beträgt, wie schon aus der Krummzapfenlänge zu schließen ist, 3 Fuß, welcher sich unverkürzt auf die stehenden Arme des ersten Kreuzes fortpflanzt, der vom Wellmittel bis in dem Bolzen 4 Fuß 2 Zoll lang ist. Die liegenden Arme der Kunstkreuze haben dagegen nur $3\frac{1}{2}$ F. Länge, wonach der Hub der Pumpenkolben sich auf $2\frac{1}{2}$ Fuß stellt.

Maschinen und Schachtkolben wechseln gewöhnlich in der Minute 16 bis 18 Mal, durchschnittlich 17 mal. Die unter einander stehenden 2 Kunstsätze haben zusammen eine Wassersäulenhöhe von 91 Fuß, und ihre Kolbenröhren einen lichten Durchmesser von $9\frac{1}{4}$ Zoll oder 0,467 Quadratfuß Querschnitt. Rechnet man wie gewöhnlich 33,000 Pfd. oder 500 Kubikfuß Wasser in der Minute 1 Fuß hoch gehoben auf eine Pferdekraft, so hat die in Rede stehende Maschine eine Kraft von

$$\frac{0{,}467 \times 91 \times 2{,}5 \times 17}{500} = 3{,}61 \text{ Pferden.}$$

Nimmt man ferner den Verlust auf Kolben- und Ventil-Spiel, wie üblich, zu $\frac{1}{10}$ der theoretischen Wassermenge an, so kommen durch diese Maschine

$$\tfrac{9}{10} \times 0{,}467 \times 2{,}5 \times 17 = 17{,}86 \text{ Kubikfuß Wasser zum Ausguß.}$$

Der Dampfdruck [d. h. der Ueberdruck über dem atmosphärischen Luftdrucke] beträgt zwischen 30 und 32, gewöhnlich nur 30 Pfund auf den Quadratzoll.

An der Welle des einen Schwungrades ist außerhalb ihres Zapfenlagers ein kleiner Krummzapfen befestigt, welcher durch eine leichte Stange mit einem, abwärts gerichteten Arme an der bereits erwähnten Steuerungswelle verbunden ist. An derselben Welle liegt ein Arm für die Schieberstange, und ein anderer, welcher mit dem erstgedachten einen rechtwinkligen

Winkelhebel vorstellt, trägt die Stange des Stempels der Kesselspeisungs-Druck-Pumpe. Letztere saugt aus einem Vorrathskasten kaltes Wasser an, das sich indessen auf seinem Wege nach dem Kessel erwärmt, da die Leitungsröhre im Innern des, hier saiger stehenden Dampfauslaßrohres aufwärts geführt, dabei aus dünnem Kupferblech und etwas weiter als gewöhnlich hergestellt ist. Vermöge dieser mehreren Weite bewegt sich das Wasser darin nur langsam fort und wird ganz genügend erwärmt. Die Einrichtung gewährt den Vortheil, daß die Pumpe mit ihren Ventilen fast gar nicht vom Kalkansatze leidet, da dieser sich erst mit der Erwärmung des Wassers bemerkbar macht, daß das Speisungswasser nicht jene Unreinigkeiten enthält, wie, wenn man es mit dem abgehenden Dampfe in unmittelbare Berührung bringt, und endlich auch das Pumpenwerk an sich selbst immer kalt bleibt, also nicht abgewartet zu werden braucht, bis es sich abkühle, wenn man die Ventile untersuchen will. Diese Art der Verwärmung ist daher für kleine Hochdruckmaschinen sehr zu empfehlen.

Noch möge hier die Bemerkung eine Stelle finden, daß die ganze Maschine mit allem Zubehör, namentlich auch einschließlich der beiden Kunstkreuze und der kompletten Armatur für einen Kessel, doch ohne den Kessel selbst, nicht mehr als 1000 Thlr. [loco Fabrik] kostete.

Obwohl sich aus der schrägen Lage des Dampfcylinders kein wesentlicherer Nachtheil ergiebt, als daß im Vergleich zu einem gleich großen stehenden Cylinder für den Dampfkolben und besonders für die Stopfbüchsen an den Leitstangen mehr Schmiere aufgeht: so blieb es rücksichtlich der Besorgniß einer ungleichen Abführung der Cylinderfläche und ganz besonders für Maschinen von etwas mehrerer Stärke immer wünschenswerth, zur aufrechten Stellung des Cylinders zurückzukehren, ohne indessen die Doppelwirkung und die Vortheile einer directeren Wirkung der Dampfkraft nebst einer Krummzapfen-Regulirung, am allerwenigsten aber die Möglichkeit aufzugeben, alle Maschinentheile auf bloß zwei Hauptschwellen zu befestigen.

Herr Egels, stets gern bereit, allen Wünschen entgegen zu kommen, welche eine Verbesserung seiner Fabrikate oder eine gemeinnützigere und vortheilhaftere Anwendung derselben herbeiführen können, ging bei einer wiederholten Maschinenbestellung nicht nur auf den Vorschlag ein, den Dampfcylinder lothrecht zu stellen, sondern wußte die ganze Aufgabe in einer Weise zu lösen, welche dem Verfertiger eben so zur Ehre gereicht, als sie, allen gemachten Anforderungen entsprechend, für die Besteller von wesentlichem Vortheil ist. Es sind von ihm nach einander 5 solche Hochdruck-Maschinen von ganz gleicher Einrichtung in dem hiesigen Berg-Amts-Bezirk geliefert worden, von denen zwei einen Effect von 10 und die andern einen solchen von 6 Pferdekräften zu leisten haben.

Unter die letzteren gehört diejenige der — im Segethwalde unweit Tarnowitz belegenen — Galmei-Grube Verona, welche Maschine von allen auch zuerst, nämlich im Sommer des Jahres 1842, in Gang kam. Sie ist es, welche wir auf Taf. **VIII.** in einer Seiten-Ansicht, einem Grundrisse und einem Querdurchschnitte vorgestellt haben, und deren Beschreibung das Thema des gegenwärtigen Aufsatzes bildet, nachdem wir in dem

vorangeschickten Theile desselben den Weg anzugeben suchten, welcher zu der gewählten Construction der Maschine führte. Ueber diese Construction möge aber hier noch die Bemerkung Platz greifen, daß sie an die Einrichtung der älteren Dampfbootmaschinen erinnert, namentlich in der gewählten Verbindung der Cylinderkolbenstange mit dem ersten oder Doppelkreuze.

Bei der Kleinheit des Maßstabes ($\frac{1}{36}$ der natürlichen Größe) hat man, zur Vermeidung von Undeutlichkeiten, die Expansions-Steuerung weggelassen, indem man davon auf der Verona-Grube um so weniger Gebrauch macht, da bei der Kesselfeuerung nur Steinkohlen von sehr geringer Güte in Anwendung kommen, so daß man es vortheilhafter findet, schwächern Dampf in größerer Quantität zu erzeugen, als weniger Dampf mit desto größerer Spannung, wozu die Steinkohlen zu wenig flammende Hitze geben. Dazu kommt noch, daß die Grubenwasser schwächer geworden sind, wonach die Maschine weit langsamer umsetzt, als die Normalgeschwindigkeit derselben von 18 Doppelhüben in der Minute. Wendet man nun bei einem allzu langsamen Wechsel die Expansion an, so wird der Gang der Maschine ungleichförmig.

Die besagte Expansions-Steuerung besteht übrigens ganz einfach in einem, dem gewöhnlichen Dampfschieber vorgelegten, zweiten Schieber, welcher vermittelst eines Winkelhebels durch ein besonderes Excentricum bewegt wird, das an der, dem Kessel zugekehrten Seite des Schwungrades auf dessen Welle liegt, und mit jenem Hebel verbunden ist.

Die Dampfkessel und Kesselöfen der Maschine haben nichts Eigenthümliches, weßwegen wir unsere bildliche Darstellung auf sie nicht ausdehnten; es indessen nicht für überflüssig erachten, selbige hier wenigstens kurz zu beschreiben.

Von den zwei, der Maschine gegebenen Kesseln ist zum Betriebe nur Einer nothwendig. Wenn nicht etwa besondere Unfälle eintreten, wird allmonatlich umgefeuert, das Wasser abgelassen und der ausgekühlte Kessel vom Schlamme &c. gereinigt.

Es sind sogenannte Eierkessel, d. h. von cylindrischer Form mit halbkugelförmigen Enden. Einschließlich dieser Enden beträgt die ganze Länge 15 Fuß und der Durchmesser im Lichten 3 Fuß 8 Zoll, wovon höchstens 17 Zoll auf den Dampfraum und mindestens 27 Zoll auf die Höhe des Wasserstandes kommen, so daß dessen Spiegel mindestens 4 Zoll über den Feuerkanälen an den Seiten des Kessels bleibt.

Unsere Zeichnung stellt die Maschine in einer Seiten-Ansicht (Fig. 1.), einem Grundrisse (Fig. 2.) und einem Querschnitte (Fig. 3.) vor, welcher letztere durch die Lagerständer des Doppelkreuzes, durch die Kesselspeisungspumpe, durch den Vorwärmer und durch den Ventilkasten jener Pumpe hindurchgeht, wobei indessen wegen Kleinheit des Maßstabes die Ventile selbst hinwegbleiben mußten. Hinter den durchschnittenen Theilen sieht man noch den Dampfcylinder mit der Leitung seiner Kolbenstange, die Dampfleitung mit dem Kasten des Admissions-Ventiles und seiner Schraubenkurbel (ein Ventil, welches ganz zweckmäßig die sonstige Drosselklappe vertritt); endlich auch noch das Ausblaserohr zwischen dem Cylinder und Vorwärmer,

so wie die Verankerungsweise der Schwellen mit den Fundamentmauern. — In Fig. 2. sind die Verbindungs- und Steuerungs-Stangen zwischen dem Schwungrade, dem Cylinder und den Kunstkreuzen sämmtlich hinweggelassen, weil sie andere Theile verdecken würden; doch ist ihre Lage wenigstens mit gerissenen Linien angedeutet. Der Cylinder, die Druckpumpe, die Ventilkasten der letzteren, auch derjenige des Admissions-Ventiles, ingleichen der Vorwärmer, so wie alle Zapfenlager sind ohne Deckel gezeichnet. Dasselbe gilt von dem oberen Schachtsatze, dessen Kolbenstange in einer Stopfbüchse läuft, weil diese Pumpe wegen Leitung der Wasser nach der Galmei-Wäsche und deren Ansammlung in einem Bassin so eingerichtet werden mußte, daß sie 8 Fuß über der Hängebank des Schachtes ausgießt, wonach die Steigeröhren seitlich neben der Hauptschwelle herauszuführen waren.

Bevor wir nunmehr zur Beschreibung der einzelnen Theile der Maschine übergehen, dürfte es nicht unpassend sein, zuerst einmal deren Einrichtung im Allgemeinen zu betrachten.

Durch Aufschraubung des Zulaß-Ventiles strömt der Dampf in den Dampfkasten am Cylinder und wird durch den, darin auf- und abgehenden Schieber abwechselnd unter und über den Kolben geleitet, während der benutzte Dampf in den Vorwärmer und aus diesem durch die söhlig fortlaufende Röhrentour in die freie Luft entweicht.

Das Kopfstück der Cylinderkolbenstange bewegt sich an 2, am Cylinder festgeschraubten Stangen und an seine Endzapfen sind 2 Gelenk-(Bläuel-)Stangen angeschlossen. Die unteren Enden dieser letzteren vereinigen sich mit den zwei Nocken des ersten oder Doppelkreuzes, dessen beide Theile (Backenstücke) durch die Welle und außerdem noch durch d r e i Bolzen mit einander verbunden sind. Der äußerste dieser Bolzen trägt das Gestänge des oberen Kunstsatzes (Hubpumpe), das angehoben wird, wenn der Dampfkolben niedergeht. Derjenige Bolzen, welcher durch die Enden der aufrecht stehenden Kreuzes-Arme geht, dient zur Verbindung mit dem stehenden Arme des zweiten oder vorgelegten Kreuzes, dessen liegender Arm das Gestänge des unteren Satzes (auch einer Hubpumpe) bewegt, wonach dieses in den Schacht schiebt, wenn das andere anhebt, mithin gleichzeitig mit dem Dampfkolben aufsteigt.

Wenn man gegen die hier gewählte Verbindung zwischen dem Dampfkolben und den Pumpen-Gestängen einen Einwand machen wollte: so könnte es d e r sein, daß die Kraftarme der beiden Kreuze, wenn ihre Last-Arme aufsteigen sollen, durch die an jenen Armen angeschlossenen Stangen nicht wie sonst gewöhnlich g e z o g e n, sondern g e s t o ß e n werden. Unserer Ansicht nach hat dieß jedoch durchaus keinen weitern Nachtheil, als daß die besagten Stangen eine mehrere Stärke erhalten mußten, als wenn sie ziehend wirkten. Ist damit einem seitlichen Ausbiegen oder Zittern der Stangen entgegen gewirkt, so liegt in der Sache selbst durchaus kein Uebelstand. Bei einer jeden doppelt wirkenden Dampfmaschine muß ja die Kolbenstange auf dem einen oder anderen Wege, nämlich entweder bei ihrem Aufsteigen oder bei ihrem Niedergange, stoßend arbeiten.

An den äußersten Enden des obersten Bolzens im Doppelkreuze befinden sich zwei Zapfen für die langen Gelenkstangen, welche vermittelst zweier Krummzapfen das Schwungrad umdrehen. Durch die also hergestellte Verbindung und die Umdrehung des Schwungrades wird nun rückwirkend den sämmtlichen Kolben (Dampf- und Pumpenkolben) diejenige Art der Bewegung gegeben, wie sie ein Krummzapfen an einer vorgelegten Welle dem betreffenden Schacht-Kolben ertheilt, falls sich diese Welle nämlich mit gleichmäßiger Umfangs-Geschwindigkeit dreht. Derjenige Uebelstand, welcher bei den Dampfmaschinen mit Zahnrad-Vorgelegen vorkommt, findet aber hier nicht statt. Der Dampfkolben bewegt sich vielmehr ganz eben so wie die Pumpenkolben, nämlich in der ersten Hälfte des Laufes mit zunehmender und in der anderen Hälfte mit eben so abnehmender Geschwindigkeit. In ganz gleichem Maße ist natürlich auch die Dampf-Einströmung in den Cylinder, also auch der Dampf-Verbrauch, wachsend und abnehmend, daher am größten, wenn der Dampfkolben des Cylinders Mitte passirt, wo dann auch die Pumpe das meiste Wasser ausgießt, mithin in diesem Momente den größten Effect zeigt. Es ist in der That auffallend, daß man noch oft behaupten hört, es liege in Anwendung des Krummzapfens bei einer Dampfmaschine ein Verlust an lebendiger Kraft; daß man dabei die Triebstange mit dem Krummzapfen-Arme als einen Hebel ansieht; bloß nach dem Längen-Verhältniß dieser Arme das Verhältniß von der Kraft zur Last beurtheilt; die beiderseitigen Geschwindigkeiten außer Acht läßt, und gänzlich übersieht, daß in jedem Stande des Krummzapfens stets ein richtiges Kraftmoment (Product aus Kraft und Geschwindigkeit) zu finden ist. Mag dieß auch auf jedem Stande des Krummzapfens ein anderes sein, immerhin bleibt es auf jeglicher Stelle dem Lastmomente (dem Producte der Last und ihrer Geschwindigkeit, mit Einrechnung der Bewegungshindernisse) genau gleich.

Wenn die Krummzapfenwarze auf dem sogenannten todten Punkte steht, sind allerdings beiderlei Momente = Null. Es hat in diesem Augenblick aber auch aller Dampfverbrauch aufgehört, und die ganze Maschinerie müßte zum Stillstande kommen, wenn das Beharrungs-Vermögen des umkreisenden Schwungrades nicht da wäre, um jene Unterbrechung in der Kraft-Aeußerung zu überwinden, oder gleichsam die früher absorbirte Kraft nunmehr abzugeben.

Man wolle diese kleine Abschweifung unserem Wunsche zu Gute halten, eine nur zu oft noch festgehaltene irrthümliche Ansicht von der Natur des Krummzapfens widerlegen zu helfen, und fanden wir die Gelegenheit dazu um so passender, als man sich gerade bei der hier dargestellten Dampfmaschine recht klar von dem wahren Sachverhältnisse zu überzeugen vermag. In dem Mechanismus dieser Maschine sind die Wassersäulen in den Pumpen mit dem Dampfdrucke auf den Cylinderkolben so unmittelbar und so augenscheinlich contrebalancirt, daß es sich hier genau herausstellen mußte, wenn mit Anwendung des Krummzapfens ein Verlust an Dampfkraft verbunden wäre. Der Dampfdruck auf den Kolben ist während eines Laufes desselben doch wohl gewiß als durchaus gleichbleibend anzusehen.

Eine einmalige Füllung des Cylinders bringt bei der gleichzeitig angehobenen Pumpe eine Wassersäule von der Länge des Dampfkolbenlaufes zum Ausfluß aus der Pumpe. Steht nun jenes Dampfvolumen immer in einem bestimmten Verhältniß zu dem Volumen des ausgegossenen Wassers während eines ganzen Kolbenlaufes: so ist es keinem Zweifel unterworfen, daß das gegenseitige Verhältniß zwischen Kraft und Last auch auf jeder einzelnen Stelle des Kolbenlaufes durchaus dasselbe bleibt, da die beiderlei Geschwindigkeiten sich völlig gleich bleiben, daß folglich genau in demselben Maße, wie sich der Cylinder mit Dampf füllt, die eine oder andere Pumpe Wasser geben muß, ganz eben so wie bei einer gewöhnlichen einfach wirkenden Pumpen-Maschine. Der ganze Einfluß des Krummzapfens ist daher bloß, daß die Geschwindigkeit der beiderseitigen Kolben während eines jeden Hubes eine ungleichförmige wird, worin an sich nicht nur kein Nachtheil liegt, sondern womit im Gegentheil die bereits geschilderten wesentlichen Vortheile erlangt werden. Allerdings geht ein gewisser Theil der Kraft auf die Umdrehung des Schwungrades verloren, das bei einem Krummzapfen zur Ueberwindung der todten Punkte unentbehrlich ist; allein wir sind der Ansicht, daß dieser Verlust bei einer Dampfmaschine schon allein durch die Verkleinerung des schädlichen Raumes im Dampfcylinder, den man durch die Krummzapfen-Regulirung auf das Minimum bringt, aufgewogen wird.

Wir kehren nun zu unserm Thema zurück.

Auf der Welle des Schwungrades sehen wir eine excentrische Scheibe angebracht, deren Ring mittelst zweier, in einer sogenannten Brille sich vereinigenden Stangen einen Zapfen am stehenden Arme der Steuerungswelle hin und her bewegt, während an derselben Welle ein liegender Arm die Stange des Schiebers trägt und dadurch diesen selbst aufwärts und abwärts führt.

Uns nun noch einmal zum Doppelkreuze wendend, ist zu bemerken, daß zwischen seinen, dem Dampfcylinder zugekehrten Armen, in 13 Zoll Abstande von dem Centro der Kreuzeswelle ein dritter Bolzen steckt. An diesen ist in der Mitte die Stange von dem Stempel der Druckpumpe angeschlossen, welche den jedesmalig angefeuerten Kessel mit dem erforderlichen Wasser versorgt. Aus Fig. 3. ist ersichtlich, wie diese Pumpe aus dem Vorwärmkasten ansaugt; um aber deren ganzes Spiel zu entnehmen, muß man sich in den, von der Profillinie durchschnittenen, röhrenförmigen Kasten unter dem Halse, wodurch die Verbindung mit der Pumpe stattfindet, das Saugventil, und über demselben Halse das Steig-Ventil hinein denken.

Die Kaltwasser-Zuführung anlangend, ist anzuführen, wie es am einfachsten gewesen wäre, den Vorwärmer durch ein kurzes, mit einem Hahne versehenes Rohr mit der letzten Aufsatz-Röhre der oberen Schachtspumpe zu verbinden. Dieß geschah jedoch darum nicht, weil die Grubenwasser oft trübe und stets kalkhaltig sind, daher es zweckmäßiger war, dieselben zuvor in einem Bassin (außerhalb des Gebäudes) sich klären zu lassen, und sie erst aus diesem nach dem Vorwärmer zurück zu leiten. Der neben den Aus-

blaseröhren liegende kupferblechene Röhrenstrang dient zu dieser Leitung Fig. 2.

Alles Wasser, welches die Druckpumpe nicht aus dem Vorwärmer hinwegsaugt, fließt auf demselben Wege, den der benutzte Dampf nimmt, aus dem Gebäude hinaus.

Herr Egels hatte angenommen, daß die Dampf-Ausblase-Röhren lothrecht gestellt und so bis über das Dach hinausgeführt werden sollten. Allerdings hatte eine solche Stellung das Ausströmen des Dampfes beschleunigt; allein die Schindeldächer leiden dann sehr von der sich fortwährend darauf niederschlagenden Nässe, und — was im vorliegenden Falle noch wichtiger — man gewinnt bei der angenommenen Lage jener Röhren mehr warmes Wasser, welches besonders in Frostzeiten für die Galmei-Wäsche der Grube von wesentlichem Vortheil ist.

Wir geben nun noch die Hublängen der in Bewegung stehenden Hauptmaschinen-Organe hier an.

Der jedesmalige Lauf des Dampfkolbens beträgt 3 Fuß. Ganz eben so ist der Hub der Pumpenstangen, denn die beiden liegenden Arme des Doppelkreuzes sind unter sich und dem liegenden Arme des Halbkreuzes völlig gleich. Dasselbe gilt von den beiderseitigen stehenden Kreuzes-Armen. Während die ersteren Arme von dem Well- bis Bolzen-Mittel 4 Fuß lang, sind letztere 3 Fuß, wonach die Bolzen dieser letzteren in einem Bogen laufen, dessen Sehne $2\frac{1}{4}$ Fuß beträgt, indem $4 : 3 = 3 : 2\frac{1}{4}$. Diese Krummzapfen-Länge beträgt daher die Hälfte von $2\frac{1}{4}$ Fuß, mithin $13\frac{1}{2}$ Zoll.

Der Druckstempel der Kesselspeisungs-Pumpe, im wagerechten Arme des Doppelkreuzes und in 13 Zoll Abstande von dessen Wellmittel hängend, erhält folglich einen Hub von $9\frac{3}{4}$ Zoll, da $4 : 3 = 13 : 9\frac{3}{4}$.

Das Steuerungs-Excentricum giebt einen Hub von $2\frac{1}{4}$ Zoll, der sich unverändert auf den Dampfschieber fortpflanzt, weil der Winkelhebel, welchen die Steuerungs-Arme bilden, ganz gleicharmig ist.

Die Kolbenstange ist 2 Zoll stark und solches auf eine Länge von 4 Fußen. Wo sie im Kolben steckt, ist dieselbe auf etwas weniger als 4 Zoll Länge nur $1\frac{5}{8}$ Zoll stark, und endigt dann in einer $1\frac{1}{4}$zölligen Vaterschraube mit $1\frac{1}{2}$ Zoll hoher Mutter. Am oberen Ende ist diese Stange in $7\frac{1}{2}$ Zoll Länge auf $1\frac{7}{8}$ Zoll Durchmesser abgedreht und in der Mitte dieses Theiles mit einer reichlich 2 Zoll hohen und $\frac{5}{8}$ Zoll weiten Oeffnung durchlocht zur Aufnahme zweier geschmiedeter Klammern (Löſen) und eines dieser auseinander haltenden Keiles, wenn nämlich die Stange zuvor in das Kolbenstangenkreuz eingebracht. Letzteres Stück, wagerecht aufsitzend und aus Gußeisen hergestellt, hat in seiner Mitte eine Höhe von $7\frac{1}{2}$ Zoll und umschließt hier die Stange mit einer Eisenstärke von $\frac{3}{4}$ Zoll. Wo es dagegen auf den Leitstangen steckt (Fig. 3.), ist in denen, diese umgreifenden Augen die Höhe nur $4\frac{3}{4}$ Zoll, mit der vorigen Eisenstärke; eben so ist letztere in den zwischenliegenden, beiderseitigen Armen; oben und unten aber springt hier so wie an den 3 Augen ein $\frac{3}{4}$ Zoll hoher Rand vor, durch welchen daselbst die Breite jener Zwischentheile oder Arme auf 2 Zoll kommt. Bei den 3 Augen beträgt der größte Durchmesser oben und unten $4\frac{1}{2}$ Zoll. Die

beiden Leitungsaugen haben in ihrem Inneren eine achtseitige Form und enthalten je 2 messingene Futter, welche von beiden Seiten durch je eine ½zöllige Schraube, wozu das Muttergewinde in das darum hierauf 1 Zoll verstärkte Gußeisen eingeschnitten, gegen die Leitstangen angedrückt und nachgezogen werden können. Besagte Schrauben haben auch noch Gegenmuttern, um ihren Stand zu sichern. Die 2 Leitstangen oder Säulen liegen von Mittel zu Mittel 16 Zoll aus einander, also auch die beschriebenen 2 Augen für dieselben im Kreuzstücke in gleichem Abstande. — An den Enden dieses Stückes und zwar dicht an den Leitungs-Augen sind, genau 21 Zoll Zwischenraum zwischen sich lassend, zwei 2 Zoll lange und 2½ Zoll starke Zapfen abgedreht mit Köpfen oder Kränzen von ⅜ Zoll Stärke und 2⅞ Zoll größtem Durchmesser. Diese Zapfen dienen zur Aufnahme der Oesen jener Gelenk- (Bläuel-)Stangen, welche mit ihren unteren Enden an die Nocken des ersten oder Doppelkreuzes angeschlossen und dazu hier gabelförmig abgeschmiedet sind. Sie haben in ihrer Mitte einen Durchmesser von 2 Zoll und in Nähe der Endstücke einen solchen von 1¾ Zoll. Die beiderseitigen Zapfen sind mit messingenen Futtern versehen, welche durch eingetriebene Keile angezogen werden. Die Länge der Stangen ist zwischen deren Drehpunkten 4 Fuß 4½ Z.

Das Doppelkreuz besteht aus 2 im Aufriß ganz gleichen Backenstücken, welche im Lichten 21½ Zoll weit aus einander liegen; nur am Ende der dem Cylinder zugewendeten Arme sieht man dieselben bis zu 25¾ Zoll Entfernung nach außen gebogen, um hier im Innern des Kreuzes für die Nocken der Bläuelstangen Raum zu lassen. Diese Nocken sind 2 Zoll stark und einschließlich der etwas vorspringenden Ränder und Ansätze 2¾ Zoll, oder ohne diese 2 Zoll lang. Dabei liegen sie fast genau in der Verlängerung des geradlinigen Theiles der Backenstücke (vergl. Fig. 2.). Ferner ist zu bemerken, daß dieselben von innen her in die Augen der Kreuzarme eingesteckt und von außen durch je eine 1½zöllige Schraube angezogen und befestigt sind.

Jedes Kreuzbackenstück repräsentirt einen doppelt- und gleicharmigen Hebel, eine Art Balancier, auf dessen Mitte ein dritter Arm winkelrecht steht, welcher auf jeder Seite durch eine Strebe mit dem liegenden Arme verbunden ist. Alles dieß in Einem Stücke abgegossen. In den Armen und Streben beträgt die Breite (oder Höhe) 5⅛ Zoll, und die Eisenstärke 1⅛ Zoll; doch springen die freiliegenden Kanten in 1 Zoll Breite um so viel vor, daß an den Rändern des Stückes die Eisenstärke auf 2⅛ Zoll kommt. Alle Winkel sind abgerundet, auch die Außenflächen etwas gewölbt. Wo die Welle und die Hauptbolzen durchgehen, haben die Stücke nicht nur die volle Stärke von 2⅛ Zoll, sondern es liegen um die Löcher herum noch ringförmige Vorsprünge, sogenannte Augen, wodurch bei der Hauptwelle die Eisendicke auf 4¾ Zoll und bei den andern dreierlei Augen, wo die Verstärkung bloß an der Außenseite liegt, auf 3¼ Zoll kommt. Bei den Löchern dagegen, in denen der Bolzen für die Nahrungspumpe steckt, hat das Eisen bloß die Stärke von 2⅛ Zoll.

Die Kreuzeswelle ist zwischen ihren Zapfen 2½ Fuß lang und 3

Zoll stark, rund abgedreht. In derselben Stärke sind die Naben der Backenstücke genau ausgebohrt und diese auf der Welle festgekeilt. Ihre Zapfen von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und $3\frac{1}{4}$ Zoll Länge bewegen sich in messingenen Pfannen mit gleichen Deckeln, und ruhen auf 2 gußeisernen Lagerständern, deren Sohlplatten von $1\frac{1}{4}$ Zoll Dicke auf den Langschwellen befestigt sind, und zwar mit je 4 Schraubenbolzen, welche unten mit Stoßscheiben und Vorstecken (statt Köpfen) versehen. Eine Einrichtung, welche beiläufig alle Schraubenbolzen haben, die von oben her durch die Hauptschwellen greifen. Um die Ränder gegen ein seitliches Wanken zu sichern, sind beide in $16\frac{1}{2}$ Zoll Höhe über den Sohlplatten durch einen runden $1\frac{1}{2}$ Zoll starken Schraubenbolzen, der genau unter der Welle liegt, mit einander verbunden.

Das Mittel der Kreuzeswelle befindet sich in $25\frac{1}{2}$ Zoll senkrechtem Abstande von den Ständerplatten, und diese sind in die Hauptschwellen etwas eingelassen.

Die Bolzen oder Nocken der Bläuelstangen liegen von der Drehaxe des Kreuzes (dem Hypomochlion des Hebels) 4 Fuß entfernt. Denselben Abstand hat der durchgehende Bolzen am entgegengesetzten Ende, welcher in seiner Mitte das Gestänge des oberen Kunstsatzes trägt. Er zeigt an dieser Stelle auf $2\frac{1}{2}$ Zoll Länge 3 Zoll Stärke, eingefaßt von 2 kleinen Vorsprüngen oder Ringen, von denen ab sich der Bolzen nach beiden Seiten hin konisch bis auf 2 Zoll Durchmesser verjüngt, worauf noch wieder Ringe vorspringen zum Anstoß für die Backenstücke. In den Augenlöchern beträgt die Stärke 2 Zoll, und auswendig sind auf die mit $1\frac{1}{2}$zölligen Gewinden versehenen Enden der Bolzen-Schraubenmuttern aufgesetzt. Das — eiserne — Schachtgestänge hängt an dem Bolzen mit einer aufwärts geöffneten Gabel, welche nach Einlegung der messingenen Futter durch Löse und Keil geschlossen.

Der Bolzen in dem aufrechten Kreuzesarme, dessen Achse von derjenigen der Kreuzeswelle 3 Fuß absteht, zeigt in seiner Mitte eine ebenfalls 3 Zoll starke und $2\frac{1}{2}$ Zoll lange Abdrehung mit Randeinfassungen, von diesen ab auch konisch zulaufend, doch nur bis auf $2\frac{1}{2}$ Zoll verschwächt, worauf die Ansätze für die Augen der Backenstücke folgen. In letzteren bleibt der Bolzen $2\frac{1}{2}$ Zoll stark, und tritt in gleicher Stärke auf jeder Seite auch noch 3 Zoll lang über das Auge hervor, worauf er dann auf je $2\frac{1}{2}$ Zoll Länge zu 2zölligen Zapfen abgedreht ist. Die beiderseitigen Zapfen liegen $2\frac{3}{4}$ Fuß weit aus einander und dienen zur Aufnahme der beiden Verbindungsstangen mit den Krummzapfen der Schwungradwelle. An den vorgedachten Ansätzen des Bolzens spreizen sich die Backenstücke, während sie von außen durch vorgesteckte konische Keile festgehalten werden.

Die mittelste Abdrehung des in Rede stehenden Bolzens dient zur Aufnahme der Gabel von der, das vorgelegte Halbkreuz bewegenden Verbindungsstange. Diese Stange ist rund abgeschmiedet; als Doppelkonus in ihrer Mitte $3\frac{1}{2}$ Zoll, und an den Enden 2 Zoll stark. Ihre Oese, welche, gleich der Gabel, mit Messingfuttern ausgelegt und durch einen Keil geschlossen, umgreift einen $1\frac{3}{4}$ Zoll starken Bolzen in dem Gabel-Ende des stehenden Armes von jenem Kreuze.

Noch haben wir von dem Doppelkreuze anzugeben, daß zwischen seinen, dem Dampfcylinder zugekehrten Armen, in 13 Zoll Abstande von dem Mittel der Kreuzeswelle, der Bolzen für die Stempelstange der Kesselspeisungspumpe liegt. Derselbe ist 2 Zoll stark, nur in der Mitte in $1\frac{1}{2}$ Zoll Länge auf $1\frac{1}{2}$ Zoll verschwächt, für die Gabel jener Stange. Seine Enden greifen mit $1\frac{1}{2}$ Zoll Stärke durch die Backenstücke und von außen sitzen Schraubenmuttern darauf. — Die Pumpenstange, 1 Zoll stark abgedreht, ist vom Mittel des Bolzens bis in die, den Druckstempel tragende Oese 16 Zoll, und der — gußeiserne — Druckstempel von demselben Punkte ab, $20\frac{3}{8}$ Zoll lang. Sein Durchmesser beträgt $1\frac{5}{8}$ Zoll.

Das Halbkreuz, zur Bewegung des Gestänges der unteren Schachtpumpe dienend, hat in seinem liegenden Arme eine Länge von 4 Fuß, und in dem stehenden eine solche von 3 Fußen. Beiderlei Arme bilden einen rechten Winkel. In ihnen, so wie in der dazwischen befindlichen Verstrebung finden wir eine Breite (oder Höhe) von $5\frac{1}{4}$ Zoll und, die Enden und Nabe ausgenommen, eine Eisenstärke von $1\frac{1}{4}$ Zoll. Durch die sehr stark vorspringenden Kanten erscheint es an den Außenwänden $4\frac{1}{4}$ Zoll dick. In der Nabe für die Welle kommt dieß sogar auf $7\frac{1}{2}$ Zoll. Alle Winkel, in denen die Arme unter sich und mit der Strebe zusammenstoßen, sind abgerundet, und die Ränder etwas gewölbt.

An den Enden läuft jeder Arm in eine Gabel aus, deren Backen bei $1\frac{1}{2}$ Zoll Eisenstärke im Lichten $2\frac{5}{8}$ Zoll weit aus einander liegen. Der Uebergang der Arme in diese Gabeln ist natürlich so geformt, daß keine Schwächung des Eisens stattfindet.

Die Welle dieses Kreuzes ist zwischen ihren Zapfen 16 Zoll lang, 3 Zoll stark abgedreht, in die Kreuzes-Nabe genau eingepaßt und verkeilt. Die Zapfenstärke, die Lagerständer und die Verbindung der letzteren durch einen Schraubenbolzen, so wie die Befestigung auf den Hauptschwellen sind von denen unter dem Doppelkreuze nicht verschieden, und bleibt darum nur zu bemerken, daß hier, weil die Welle kürzer als dort, die bogenförmigen Ausschnitte der Sohlplatten nach außen gekehrt sind, während sie bei jenem Kreuze einwärts liegen. In diesem Umstande beruht es, daß die in den Ausschnitten befindlichen Ankerschrauben von Mittel zu Mittel dort 24 und hier 28 Zoll aus einander liegen.

Noch ist anzuführen, daß die Kappeneisen von dem — hölzernen — Schachtgestänge ebenfalls messingene, mit einem Keil angezogene Bolzenfutter umschließt, und daß der Bolzen bei $1\frac{3}{4}$ Zoll Stärke, einerseits einen runden Kopf, anderseits eine Vorstecke trägt.

Die Maschine der Verona-Grube kam im Spätsommer des Jahres 1842 in Betrieb und hat sich seitdem vortrefflich gehalten. Ihre Leistung wurde indessen nicht im vollen Maße erfordert. Im Gegentheil haben die Grubenwasser sogar seitdem abgenommen, so daß die Maschine nicht nur ganz langsam wechseln, sondern in jüngster Zeit selbst täglich einige Stunden ganz ruhen konnte. Letzteres geschieht besonders zur Zeit des Schichtenwechsels, um während der Arbeitsstunden die Wäsche reichlicher mit Wasser zu versorgen.

Im Laufe des Jahres 1843 war die Maschine, alle Betriebszeit zusammen gerechnet, durch 4542 Stunden im Gange, und hat in demselben Jahre überhaupt 1208$\frac{3}{4}$ Tonne Staubkohlen zur Kesselfeuerung bedurft. Folglich kommt im Durchschnitt auf die Betriebsstunde ein Verbrand von 0,266 Tonne, oder etwas weniger mehr als 1 preuß. Scheffel. Das Gewicht dieses Kohlensatzes kann zu etwas unter 100 Pfund angeschlagen werden.

Für jene Betriebszeit läßt sich ein 11maliger Schachtkolbenwechsel pro Minute annehmen, mithin im reinen Nutzeffecte eine Leistung von

$$\frac{1,98 \times 11 \times 109}{500} = 4\tfrac{3}{4} \text{ Pferdekräften.}$$

Mithin kamen auf die Stunde und Pferdekraft (in reiner Nutzleistung) durchschnittlich 0,23 Scheffel oder ungefähr 20 Pfund Staubkohlen.

Berücksichtigt man nun, daß zu einer 2maligen Cylinderfüllung 0,43 Pfund, also zu einer 22maligen (in der Minute) 4,73 Pfd. Dampf erforderlich waren, so sind mit Einem Pfunde Steinkohle nur 2$\frac{2}{3}$ Pfund Dampf (von 50 bis 52$\frac{1}{2}$ Pfund pro □Zoll vollen Druckes) erzeugt worden. Dieß erscheint selbst dann noch wenig, wenn man auch berücksichtigen will, daß das abwechselnde Abstellen und Anlassen der Maschine einen, oben nicht in Anrechnung gebrachten, aber gewiß beträchtlichen Verlust an Dampf und Brennmaterial herbeiführte. Wir finden darum in dem so eben berechneten Satze des erzeugten Dampfes einen Beweis, wie die angewendeten Kohlen von geringer Qualität waren, was auch schon deren äußeres Ansehen und ihr Verhalten im Feuer deutlich zeigte. Mit guten Kohlen würde der Verbrauch vielleicht sich um $\frac{1}{3}$ ermäßigt, und dann noch glänzender herausgestellt haben, daß die ganze Einrichtung sich für alle Fälle empfehlen läßt, wo man mit einem Hochdrucker, innerhalb 2 bis 10 Pferdekräften, Pumpen betreiben will.

Dritter Abschnitt.

Von der Verwahrung der Grubenbaue gegen die eindringenden Wasser durch Dämme und wasserdichten Ausbau.

Von dem Verspünden oder der Vorrichtung von Dämmen zum Zurückhalten der Wasser.

Wenn in den Gruben an irgend einem Punkte ein so starker Quell hervorbricht, daß ihn alle anwendbaren Mittel nicht näher an der Tagesoberfläche oder gar auf dieser selbst abzufangen und zurückzuhalten vermögen, der aber auch eben so wenig durch die disponibeln Kräfte und Geldmittel herausgehoben werden kann, so muß der Austritt jenes Zudranges durch

einen dammartigen Verschluß verhindert, er muß durch Verspünden abgesperrt und so das Wasser in seinen Canälen zurückgehalten werden, um es bis auf eine höhere Sohle, ja selbst bis zu Tage, woher es kam, wieder hinaufzudrücken.

Jedoch kann dies Mittel nicht allein unter allen Umständen und nicht bei jeder Oertlichkeit angewendet, sondern es muß auch mit aller Umsicht und Behutsamkeit gewählt werden. Man kann es nur anwenden, wenn das Gebirge und die Lagerstätte, in welchen die Gruben betrieben sind, ein festes, zusammenhängendes, unzerklüftetes Ganze bilden, so daß sich das abgesperrte Wasser weder durch eine Kluft an einem andern Punkte, wenigstens nicht in derselben, oder gar in größerer Teufe, einen andern Ausweg bahnt, noch gar durch den Verschluß zu einer oft sehr bedeutenden Höhe aufstaut, gewaltsam die dasselbe einschließende Gebirgsmasse selbst durchbricht.

Mit aller Vorsicht aber darf das Verspünden nur angewendet werden, denn man versperrt sich dadurch ein weiteres Vordringen mit den Bauen nach dieser Seite ganz, oder im günstigsten Falle wenigstens zum größten Theile, bei mehrern bebauten Lagerstätten mindestens auf derjenigen, auf welcher das Verspünden eingebauet ist, und hier zwar oft nicht nur auf dieser Sohle, sondern auch auf allen darunter und darüber gelegenen, bis zu derjenigen, auf welcher das aufgespannte Wasser von selbst abfließen kann, da auf ihnen allen die abgeschlossenen Wasser jedem neu eröffneten Baue zudringen würden.

Den Grundcharakter jedes Verspündens bietet ein Keil oder Pfropf dar, den der Bergmann in eine Spalte schlägt, aus der ein, ihn etwa bei seiner Arbeit oder sonst belästigender Wasserstrahl herausdringt. Was dieser Pfropf im Kleinen, ist das Verspünden im Großen; ein Verschluß der Oeffnung, durch die das Wasser heraustritt.

Darum ist auch die wasserdichte Verzimmerung der Schachte, oder Cuvelage, ihrem Wesen nach nicht als Verspünden zu betrachten, obschon sie denselben Zweck erfüllt, denn sie verkleidet die Umfläche des Baues, Schachtes, in einer meist offenen Gebirgsmasse, während jenes die Austrittsöffnung selbst verschließt. Am meisten findet vielmehr das Verspünden Anwendung auf Strecken und streckenartigen Bauen, deren ganzen Querschnitt sie versperren, indem es selten oder nie möglich sein würde, die unmittelbare Ausgangsmündung im Gesteine selbst völlig und vollkommen fest und dauerhaft zu verschließen. Viel seltener kommen sie in Schachten in gleicher Weise vor, denn auch abgesehen davon, daß überhaupt ein übergroßes Ausströmen von Wasser seltener unmittelbar in ihnen stattfindet, so würde auch dadurch jedem Vordringen in größere Teufe ein Ziel gesetzt, welche Behinderung, so fern überhaupt Veranlassung da ist, tiefer zu gehen, weit umfassendern Nachtheil, als auf Strecken, ja die völlige Lähmung des Betriebes zur Folge haben kann.

Am Ersten, wahrscheinlich ziemlich ausschließend, möchte diese letztere Anwendung bei dem besonders von früher her nicht immer sehr regelmäßig betriebenen Steinkohlenbergbaue in Belgien und in dem angrenzenden Theile von Frankreich stattfinden, und zwar nach oben, gegen Wasser,

denen man sich in alten, ausgehauenen Räumen und verlassenen Bauen anzuhäufen gestatten kann, oder, wegen großer Menge, muß, während man unter denselben noch Baue betreibt. In diesem Falle hat man die erstern sich mit letztern in offene Verbindung setzenden Schachte ebenfalls durch Verspünden geschlossen.

Endlich muß noch erwähnt werden, daß die Grundbedingungen — namentlich die Dichtheit und Festigkeit der umgebenden Gesteinmassen — von dem Verspünden die meiste und wichtigste Anwendung immer bei Bergbau auf Gängen und gangartigen Lagerstätten werden finden lassen, wie dies auch schon bisher der Fall gewesen ist.

Dämme von aufrecht stehenden Balken auf der Steinkohlengrube Chartreuse bei Lüttich [Taf. XIII. Fig. 1—4.] *). — Diese Dämme hat Herr Gonot, Ing. des mines zu Lüttich, in den Ann. d. min., Bd. IX. S. 137, in einem Aufsatze: über die Construction der Dämme auf der Steinkohlengrube Chartreuse bei Lüttich, beschrieben. Der Verfasser führt im Wesentlichen Folgendes darüber an:

Dämme von aufrechtstehenden Balken haben vor denen aus liegenden Balken zusammengesetzten folgende Vortheile: 1) Dieselben können in streichenden Strecken auf dem Kohlenflötzen und selbst in Abbaustrecken angewendet werden, weil die Stärke des anzuwendenden Holzes von der Breite des Dammes unabhängig ist und nur die Zahl der Hölzer, der Breite entsprechend, vermehrt werden muß; 2) die Zuführung (entaille) in der Firste und Sohle des Raumes, in dem der Damm gelegt wird, ist schräg zulaufend, wodurch die Verdichtung erleichtert, das Ausbrechen der Gesteinsbrust, worauf der Druck lastet, verhindert wird; 3) die Verkeilung wird von der Vorderseite gemacht (trockene Seite des Dammes) und kann daher nachträglich verstärkt werden, was nicht möglich ist, wenn sie von der hinteren (Wasser-) Seite ausgeführt und bei einer Biegung der Holzstücke unwirksam wird; 4) es braucht keine Oeffnung (Einsteigeloch) in dem Damme offen erhalten zu werden, weil der letzte Balken (Schlußbalken) von vorn, ohne Schwächung der Hölzer, eingebracht werden kann.

Diese Dämme werden in Querschlägen und streichenden Strecken auf dieselbe Weise geschlagen, und wenn in den Kohlenflötzen Schramlager (havage) vorkommen, welche milde sind und daher den Wassern bei einigem Drucke den Durchgang gestatten, so müssen hierbei besondere Vorsichtsmaßregeln angewendet werden, damit die Wasser nicht neben dem Damme durch diese Schramlager hindurchdringen können. Von der Strecke aus werden rechtwinklig gegen die Stöße Löcher, da wo der Damm geschlagen werden soll, von 4½ bis 5 Fuß Tiefe in diesen Lagen gebohrt, deren Durchmesser etwas größer, als ihre Mächtigkeit ist, und diese werden mit Pflöcken von Weidenholz ausgefüllt, welche mit einem Triebfäustel ein-

*) Die hier mitgetheilten Beispiele des Dammverspündens sind aus der Abhandlung des Hrn. Berghauptmanns v. Dechen über wasserdichten Schachtausbau und über Verdämmungen, in seinem und Karsten's Archiv, Bd. 14, S. 39 ꝛc., entlehnt.

getrieben werden. Rückwärts von diesem Punkte werden auf eine Länge von 3 M. (9½ F.) Keile mit Moos in diese Lagen hineingetrieben, damit auch hier das Wasser nicht unmittelbar mit ihnen in Berührung treten und sie erweichen könne.

Der Damm, dessen Ausführung speziell angegeben werden soll (Fig. 1—4.), befindet sich in einem Querschlage von 2 M. (6⅓ F.) Höhe und 2,6 M. (8⅓ F.) Breite und liegt 60 M. (190 F.) unter Tage und hat eine Fläche von 5,67 □M. (nahe 57 Quadratf.), so daß, wenn Wasser hinter demselben bis zu Tage angespannt werden, ein Druck von 340,200 Kil. (724,600 Pr. Pf.) auf denselben ausgeübt würde.

Um den Raum, wo der Damm geschlagen werden sollte, während der Arbeit ganz zu erhalten, wurde rückwärts von diesem Punkte, in 1,2 M. Entfernung, zwischen Brettern ein Lettendamm von 1 M. Höhe geschlagen, und die auf dem Querschlage liegenden Wasser in einem Gefluder von etwa 3 M. Länge bis zu einem zweiten, nicht ganz so hohen Damme geführt (Fig. 3 und 4.). Zwischen beiden Dämmen wurden die Wasser ausgepfützt.

Die Seitenstöße wurden ganz eben, senkrecht und einander parallel zugeführt. Die Zuführung in der Sohle erhielt ein Fallen von 34 Höhe und 100 Länge oder von 19° nach der Wasserseite und in der Firste ein gleiches Ansteigen nach derselben Seite hin, so daß der Raum für den Damm an der Wasserseite höher war, als an der trocknen Seite. Diese Flächen wurden aber nicht glatt bearbeitet, um durch ihre Rauhheit die Verbindung mit dem Damme um so fester zu machen.

Der Damm besteht aus 6 Balken von gesundem Eichenholz, 0,53 M. (20,4 Z.) Stärke und etwa 0,44 M. (16,8 Z.) Breite, welche mit der Verkeilung gerade die Breite des Querschlages einnehmen. Fig. 16 und 18. Dieselben werden kurz vor dem Gebrauche genau passend nach der Länge abgeschnitten und auf 3 Seiten bearbeitet, während sie auf der Wasserseite baumkantig bleiben. Auf der in der Sohle zugeführten Fläche wurde eine Lage von Moos ausgebreitet, darüber Bretter von Weidenholz, 25 M. (beinahe 1 Z.) stark und etwas länger, als die Stärke des Dammes, so daß deren Längenfasern in der Richtung des Querschlages liegen. Auf diese Bretter wurden die Balken gesetzt, erst 2 in einem Stoße, dann 3 im andern, durch 4 Mann mit Hebebäumen und Brechstangen leicht in ihre richtige Stelle gebracht, und durch Streben in der Sohle und Firste, welche auf der Wasserseite in den Zuführungsraum geschlagen und an ihnen angenagelt werden, befestigt, so daß sie während der Verkeilung nicht aus ihrer Lage kommen können.

Die beiden Balken in den Seitenstößen schließen auf der Wasserseite dicht gegen das Gestein, auf der vorderen Seite dagegen bleibt eine kleine Fuge von 20 bis 25 Millim. (¾ bis 1 Z.) offen, um die Verkeilung anbringen zu können.

In einem der mittlen Balken, 0,75 M. (28½ Z.) über der Sohle, ist ein Loch zur Ableitung der Wasser durchgebohrt; von der hintern Seite stößt das Gefluder an dasselbe, und vorn ist es mit einem ledernen Schlauche versehen, welcher die Wasser über den vorderen Damm ausgießt.

Das Setzen des letzten Balkens erfordert eine besondere Vorrichtung. Durch denselben geht ein eiserner Bolzen, 40 Millim. ($1\frac{1}{2}$ Z.) stark, hindurch, vorn mit einer Oese zum Einhängen einer Kette versehen, und hinten mit einer Schraubenmutter befestigt, die von einer Klammer gehalten wird, so daß der Bolzen von vorn ausgeschraubt werden kann, und die Mutter alsdann herunterfällt. Vor dem Damme wird eine starke Spreize geschlagen, durch welche ein ähnlicher Bolzen hindurchgeht; beide Bolzen werden durch eine Kette mit einander verbunden und durch die Schraube des letzteren der Balken in den Damm hineingezogen. Derselbe wird zu diesem Ende in eine geneigte, auf einer Querspreize ruhend, in den für ihm offenen Raum gelegt; so daß ein Arbeiter nach oben hinter den Damm gelangen und sich überzeugen kann, daß er seine gehörige Lage erhalten hat; alsdann wird so weit angezogen, daß seine vordere Fläche mit den übrigen Balken gleich zu liegen kommt.

Erfahrungsmäßig scheint es nothwendig zu sein, der hinter dem Damme eingesperrten Luft einen Abzug zu verschaffen, um denselben dicht zu erhalten; es wird daher dicht unter der Firste einer der Balken durchbohrt, mit einer Oeffnung C, Fig. 1 und 3., von 10 Millim. (etwa 4 bis 5 Linien) Durchmesser, durch welche die Luft entweichen kann, wenn die Wasser hinter dem Damme aufgehen. Die Balken des Dammes befinden sich nun in der Lage, welche sie behalten sollen und werden in derselben durch die Spreizen und durch die eisernen Zugbolzen erhalten; und es beginnt nun die Verdichtung des Dammes damit, daß in alle Fugen mit Meißeln, Fig. 5., von verschiedener Länge und Stärke Moos eingetrieben wird; zuerst in die Fugen zwischen den Gesteinstößen und den zunächst daran anliegenden Balken, dann in die Fugen zwischen den einzelnen Balken, dann auf der Sohle zwischen den Brettern und den Balken und endlich in die Firste zwischen den Balken und dem Gesteine. Alsdann folgt die Verkeilung der Fugen mit flachen Keilen von Weidenholz, von 0,3 M. ($11\frac{1}{2}$ Z.) Länge, 0,11 M. (4 Z.) Breite und 0,02 bis 0,03 M. ($\frac{3}{4}$ — $1\frac{1}{8}$ Z.) Stärke, dann mit ähnlichen flachen, aber schmälern Keilen und endlich mit quadratischen, spitzigen Keilen (picots) von jungem, zähem Eichenholz. Die Verkeilung wird in der Mitte der beiden Seitenstöße begonnen und schreitet von da aus nach oben und unten und übrigens in derselben Reihenfolge fort, wie die Verstopfung mit Moos ausgeführt worden ist. Die flachen Keile werden dicht an einander angesetzt und in mehreren Reihen eingetrieben. Um die spitzen Keile einbringen zu können, müssen vorher Löcher in die dichte Holzmasse mit einem Eisen (picoteur) gemacht werden (Fig. 6.), welche $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ Z. Tiefe erhalten, und in denen die eichenen Keile angesetzt werden können.

Man begnügte sich, bei diesem Damme nur eine Reihe dieser spitzen Keile einzutreiben, aber mit der äußersten Gewalt, während man sonst drei Reihen derselben in jeder Fuge anwenden zu müssen glaubte, und mehr Zeit darauf verwendete, ohne einen erheblichen Vortheil daraus zu ziehen.

Nun werden die Schraubenbolzen von den Schlußbalken abgenommen, das Loch in demselben wird mit einem Holzspunde verschlossen, während die obere Oeffnung zum Austritte der Luft so lange offen bleibt, bis

das Wasser ganz voll aus derselben abzulaufen beginnt; dann wird sie ebenfalls verspündet.

Vor dem Damme wird endlich noch eine Verspreizung angebracht, theils in der Absicht, das geringste Biegen der Balken zu verhindern, wodurch der Damm undicht wird, theils aber auch, um die Gesteinsbrust in der Sohle und Firste, welche einen sehr bedeutenden Theil des Druckes auszuhalten hat, gegen das Ausspringen einzelner Gesteinsstücke zu schützen.

Diese Verspreizung besteht aus zwei Stempeln, welche in tiefen Bühnlöchern in der Sohle stehen und in der Firste einen starken Anfall haben, und aus zwei horizontal gelegten Schwellen, zwischen denen und jedem Balken des Dammes zwei Spreizen getrieben werden. Die beiden Stempel sind dann durch schräge Spreizen und die beiden Schwellen durch horizontale, von einem in der Mitte des Querschlages stehenden Stempel aus, verspreizt.

Dergleichen Dämme sind auf der Grube Chartreuse bereits seit langer Zeit in Anwendung gewesen, und es befanden sich im Jahre 1832 zwei auf derselben, welche eine Wassersäule von 45 Lütticher Lachtern (von 252 F. preuß.) trugen. Dieselben waren von verschiedenen Dimensionen: der kleinere dieser Dämme ist 1,2 M. (46 Z.) breit, und auf der Wasserseite 1,85 M. (70 Z.) hoch; auf der vordern Seite 1,55 M. (60 Z.) hoch, und 0,5 M. (19 Z.) stark; derselbe ist nur aus 3 Balken von 0,37 M. bis 0,42 M. (14 — 16 Z.) Breite zusammengesetzt; der Druck, der auf der vorderen Fläche desselben ruht, beträgt etwa 318,000 pr. Pf.

Der größere Damm ist 1,85 M. (70 Z.) breit, auf der Wasserseite 1,6 Meter (61 Z.) und auf der vordern Seite 1,3 M. (49½ Z.) hoch; derselbe ist aus 5 Balken zusammengesetzt, welche 11½ bis 15 Z. Breite besitzen; der Druck auf die vordere Fläche desselben beträgt gegen 400,000 pr. Pfd. Diese Dämme hielten sehr gut, ohne irgend eine Verspreizung, welches bei den viel kleineren Dimensionen, als denjenigen des vorher beschriebenen Dammes, nicht auffallend sein kann. Bei dem kleineren Damme ist aber dennoch die aufrecht stehende Lage der Balken nicht die vortheilhafteste; bei der geringern Breite dieses Dammes hätten die Balken söhlig gelegt werden müssen, wobei sie nur eine Länge von etwa 1,5 M. auf der Wasserseite erhalten haben würden, und also schwächer hätten sein können, bei gleicher Widerstandsfähigkeit.

Damm von liegenden Balken auf der Bleigrube Huelgoët im franz. Finistère-Dep. *) Nachdem eine Stelle in der zu verdämmenden Strecke ausgewählt worden war, wo das Gestein fest und ohne Klüfte war, so daß man hoffen konnte, daß die Wasser nicht durch dasselbe neben dem Damme durchdringen würden, wurde diese Stelle zugeführt, so daß sie nach der vordern Seite ringsum mit Schlägel und Eisen einen rechtwinkligen Absatz bildete, und sich nach der Wasserseite hin allmälich in die Streckenstöße verlief. Um die Gesteinsflächen für den Damm

*) Nach Hrn. Nailly's Beschreibung in den Ann. d. Min. 3. Sér. Bd. 8, S. 367 ꝛc.

möglichst zu ebenen, wurden sie zuletzt mit dem bei den Steinmetzen gewöhnlichen Eisen zugerichtet; größere Vertiefungen wurden mit hydraulischem Mörtel ausgefüllt, demselben aber eine gewisse Rauhigkeit gelassen, damit er sich mit dem Holze besser verbinden sollte.

Die Balken, aus denen der Damm zusammengesetzt werden soll, werden aus gesundem, trockenem Eichenholze ausgewählt; die Stärke derselben soll so groß sein, daß sie den fünffachen Druck, den sie auszuhalten bestimmt sind, ohne Biegung ertragen können. Dies wurde durch directe Versuche ermittele. Die Höhe derselben soll so groß als möglich sein, um weniger Fugen zu erhalten, und so, daß sie sich in dem engen Raume von zwei Mann regieren lassen. Die ganze Anlage des Dammes (Fig. 7., 8 und 9., Taf. XIII.) war darauf berechnet, daß die Verdichtung von der Wasserseite vorgenommen werden konnte, und zu diesem Behufe mußte in einen der mittleren Balken ein Einsteigeloch von 0,44 M. ($16\frac{3}{4}$ Z.) Länge und 0,25 M. ($9\frac{1}{2}$ Z.) Höhe eingeschnitten werden, welches so eben das Durchsteigen der Arbeiter verstattete, um auf die Wasserseite des Dammes gelangen zu können. Der zweite Balken von der Sohle war 0,4 bis 0,45 Meter (15 bis 17 Zoll) über diese 2 Oeffnungen zum Abflusse des Wassers und muß daher ebenfalls etwas höher, als die übrigen, sein. Die Länge der Balken ist $1\frac{3}{4}$ Z. geringer, als die Weite des Zuführungsraumes; sie werden über Tage sorgfältig bearbeitet, die Längenkanten auf der Wasserseite abgebrochen, um eine Erweiterung der Fuge zu erhalten, damit sich die Verdichtung besser einbringen lasse (wie bei den Auffsatzgevieren der weiter oben beschriebenen wasserdichten Schachtzimmerung auf der Grube Horlot). So werden sie über Tage numerirt, damit sie gehörig passend in der Grube gelegt werden können.

Die Wasser müssen von dem Punkte, wo der Damm gelegt werden soll, abgedämmt und in einem Gefluder hinübergeführt werden; für einen genügenden Wetterwechsel an diesem Punkte muß gesorgt werden, um auch auf der Wasserseite des Dammes arbeiten zu können.

Bevor zur Legung des Dammes geschritten wurde, trocknete man die Stöße des Zuführungsraumes mit Schwämmen und gebranntem Kalk gänzlich ab, legte gegen die Stöße und auf die Sohle tannene Bretter von 25 Millim. (1 Z.) Stärke, welche auf der mit dem Gestein in Berührung kommenden Seite mit grober Leinwand bespannt und mit einem Kitt bestrichen sind. Dieser besteht aus eingekochtem Leinöl, dem Bleiglätte, gebrannter, an der Luft zerfallener und gesiebter Kalk und zerhacktes Werg zugesetzt ist, und der sich sehr gut mit dem Gestein verbindet. Hierauf wurden die Balken gelegt, welche erst kurz vor dem Gebrauche in die Grube eingehängt werden, damit sie nicht feucht werden; zwischen den einzelnen Balken wurde ebenfalls Leinwand gelegt, die mit demselben Mastix auf beiden Seiten bestrichen war. Die Verkeilung in den Seitenstößen und den Köpfen der Balken wurde gemacht, sobald als zwei Balken gelegt waren; sie wurden durch Streben, die gegen die Firste geschlagen sind, festgehalten, damit sie sich während der Verkeilung nicht heben können. Die zuerst angewendeten Keile sind von Tannenholz, 9 Millim. stark, 35 Millim. breit und die Länge

derselben etwas größer als die Holzstärke; man hatte 1000 Stück derselben angefertigt, von denen 800 angewendet und 200 im Laufe der Arbeit zerbrochen wurden. Zuerst werden in dem Zwischenraume zwei solche Keile verkehrt mit den Schärfen nach dem Wasserraume eingelegt, ein dritter wird dazwischen eingeschoben, und dann zu ihren beiden Seiten ebenfalls noch zwei bis zur Hälfte ihrer Länge eingesteckt und dann mit einem eigenen Instrumente (chassé), Fig. 10., Taf. XIII., welches als Aufsetzer dient und das Abbrechen der Keile hindert, eingetrieben. Mit demselben werden alsdann noch Keile zwischen dem 3. und 4., so wie zwischen dem 4. und 5. eingetrieben, Fig. 11., und wenn es noch möglich ist, noch mehrere Tannenkeile derselben Form. Dann geht man zu eichenen Keilen über, welche dieselbe Form haben, und welche in die Fugen der ersteren schräg eingeschlagen werden; von diesen hat man etwa 400 gebraucht. Lassen sich auch diese gar nicht mehr eintreiben, so wendet man nun noch eichene Keile an, deren Kanten stark abgebrochen sind, so daß sie einen elliptischen Querschnitt erhalten, und für welche Löcher zum Ansetzen mit einem spitzigen eisernen Instrumente gemacht werden.

Zwischen dem obersten Balken und der Firste bleibt ein Raum von 20 Millim. ($\frac{3}{4}$ Z.), in dem nun die Verkeilung auf ganz ähnliche Weise, wie so eben beschrieben worden ist, ausgeführt wurde; durch sie werden alle Fugen der Balken unter einander zusammengezogen und sie muß daher sehr sorgfältig ausgeführt werden.

Diese Ausführung findet in der unbequemen Stellung der Arbeiter manche Schwierigkeiten, und erfordert, daß der Zuführungsraum in der Firste sehr erweitert wird, um ankommen zu können. Herr Nailly hält dafür, daß es viel leichter sein werde, diese Verkeilung in der Mitte des Dammes zwischen zwei Balken anzubringen, woraus folgende Vortheile gegen die, von ihm hier angewendete Verkeilung in der Firste sich ergeben würden: 1) es würde weniger Gestein in der Firste zuzuführen sein; 2) es würde ein gleichförmiger Druck auf alle Fugen zwischen den Balken ausgeübt werden; 3) die Verkeilung würde bei Weitem leichter und besser auszuführen sein.

Nachdem der Damm auf diese Weise wesentlich beendet war, wurden die Balken mit Werg von der Wasserseite kalfatert und dann mit Leinwand, die mit dem oben angegebenen Kitt bestrichen war, benagelt. Der frei gebliebene Zuführungsraum hinter dem Damme wurde nun mit Beton (mit kleinen Steinen durchgemengtem hydraulischen Mörtel) gänzlich bis auf die gewöhnlichen Strecken-Dimensionen ausgefüllt.

Der Versuch, die Einsteigeöffnung mit einem Spunde, aus drei Stücken Tannenholz zusammengesetzt, zu verschließen, mißlang, indem derselbe durchgepreßt wurde. Man sah sich nun veranlaßt, diese Oeffnung durch eine Klappe aus einem Stück Buchenholz zu verschließen, welches 0,64 M. ($24\frac{1}{2}$ Z.) lang, 0,42 M. (16 Z.) breit, 0,12 M. ($4\frac{1}{2}$ Z.) stark war und genügte, um einem Druck von 27,000 Kil. zu widerstehen (Fig. 12.).

Auf der innern Seite ward die Klappe mit einem doppelten Rande von Leder versehen, welcher sich gegen den, am Umfange der Oeffnung angebrach-

ten anschloß; sie wurde über der Oeffnung aufgehängt und mit Eisenstangen versehen, um sie anfänglich, bevor noch ein bedeutender Wasserdruck auf sie lastete, zu schließen. Späterhin, wenn die Wasser hinter dem Damme aufgegangen sind, reicht der Wasserdruck allein vollkommen aus, um die Klappe fest an den Damm zu drücken. Die Anbringung einer solchen Klappe erscheint sehr empfehlenswerth; sie ist leichter als wie die eines Spundes, und die Erfahrung hat hier bewiesen, daß sie vollkommen ihren Zweck erreicht. Nur wenn sich die Balken im Geringsten biegen sollten, so würde der Verschluß durch eine solche Klappe aufhören dicht zu sein. Um daher eine solche Biegung zu verhindern, wurde der Damm auf der vordern Seite noch verspreizt, wie Fig. 8 und 9. zeigen.

Auch bei diesem Damme hat die Erfahrung gelehrt, daß es nothwendig ist, dicht unter der Firste eine Oeffnung in demselben anzubringen, durch welche die Luft aus dem abgesperrten Raume entweichen und sich dieser gänzlich mit Wasser anfüllen kann.

Herr Nailly führt noch an, daß auf der Grube Huelgoët auch ein Klotz- (Keil-)damm geschlagen worden sei, der aber kostbarer wird, dagegen nicht so haltbares Gestein, wie der beschriebene Balkendamm, erfordert.

Auch auf den Steinkohlengruben bei Lüttich hat man Balkendämme mit horizontal gelegten Balken ausgeführt, deren Einrichtung aber im Allgemeinen mit denjenigen mehr übereinstimmt, welche der Damm von aufrecht stehenden Balken auf der Grube Chartreuse besitzt, als mit dem so eben von Huelgoët beschriebenen. Der starke Druck, welchen dieser Damm auf die Gesteinsbrust ausübt und namentlich die vorspringende Ecke der Brust würde auch in den milderen Gebirgslagen der Kohlenformation sehr bald eine Zerstörung derselben herbeiführen, und es würde gewiß ungemein schwer halten, einen solchen Damm unter diesen Verhältnissen zu verdichten. Schräge, und zwar nur ganz schwach anlaufende Zuführungsbühnen sind dagegen offenbar viel sicherer, und die Verkeilung des Dammes wirkt eher darauf ein, das umgebende Gestein dicht und fest zu erhalten, als Stücke davon loszutrennen. Ein solcher, aus horizontal liegenden Balken zusammengesetzter Damm befand sich im Jahre 1823 auf der Grube Nouvelle Haye auf dem Flötze Pestay in 74 Lachter Lutt. Teufe und spannte die Wasser bis zum Flötze Rosier auf beinahe 15 Lachter an. Derselbe hat 4½ Fuß Weite, 5 F. Höhe und besteht nur aus 3 Balken von 24 Z. Dicke und 20 Z. Höhe. Der obere und untere Balken sind an der Wasserseite um 1 Zoll höher, als auf der trocknen Seite. Zwischen dem Gesteine und dem Balken liegt eine Lage von Moos und die Verkeilung ist ebenfalls ringsum angebracht, während zwischen den Balken Tannenbretter von ½ Z. Stärke gelegt sind, die durch die Verkeilung in Sohle und Firste zusammengepreßt werden und dadurch die Fugen um so dichter verschließen. Dieser Damm war von der vorderen Seite verkeilt worden und hielt ohne Verspreizung recht dicht, wobei freilich der Druck auch nicht sehr bedeutend war.

Dagegen befinden sich auf der Centrumgrube bei Eschweiler mehrere Dämme von hängenden Balken für Wassersäulen von 60—70 F., welche mit dem Damme auf der Grube Huelgoët viele Aehnlichkeit haben. Der

Zuführungsraum greift rechtwinklig in Sohle, Firste und in die Seitenstöße der $5\frac{1}{2}$ F. hohen und $4\frac{1}{2}$ F. weiten Querschläge ein, so daß sich die Enden der Balken gegen die Brust in den Seitenstößen legen. Die Verkeilung wird von der Wasserseite ausgeführt, zu der man einen freien Zugang durch Abteufen auf den Kohlenflötzen behielt. Das Gestein wird in dem Zuführungsraume stark mit Theer bestrichen, eine dünne Lage von Moos darüber ausgebreitet, und in den Stößen und in der Firste eine 10 Z. breite, 3 Z. starke, auf der Wasserseite um $\frac{1}{2}$ Z. verschwächte eichene Bohle angelegt, in der Sohle aber der erste Balken unmittelbar auf das Moos aufgelegt. Die Balken von Eichenholz sind 10 Z. stark und 5—10 Z. hoch, auf den Lagerflächen gut behobelt und betheert. Nur einer der Balken ist höher, um eine eiserne 9zöllige Röhre zum Ablassen des, hinter dem Damme gebildeten Reservoirs einzusetzen. Die Verkeilung wird zuerst zwischen der in der Firste befindlichen Bohle und dem obersten Balken auf die gewöhnliche Weise vorgenommen, wodurch die sämmtlichen Balkenfugen dicht zusammengepreßt werden. Dann erst geht man zu der Verkeilung zwischen den Balkenköpfen und der in den Stößen aufgestellten Bohlen über. Diese Reihenfolge der Verkeilung wird für nothwendig erachtet, um dem Damme Dichtigkeit zu gewähren, weil, wenn die einzelnen Balken zuerst an ihren Köpfen verkeilt sind, sich dieselben nicht mehr so leicht durch die horizontale Verkeilung zusammentreiben lassen, und die Fugen zwischen denselben nicht dicht werden. Auf diesen Umstand ist namentlich auch bei dem Damme auf der Grube Huelgoët keine Rücksicht genommen worden, indem hier zuerst die Balken einzeln an den Köpfen verkeilt wurden, und die Verspreizung derselben offenbar nicht eben so wirksam sein kann, ihre Fugen zu verschließen, als eine horizontale Verkeilung.

Schleusenartiger Balkendamm auf dem Flötze Diamant, Schacht Prairie der Steinkohlengrube Chartreuse bei Lüttich. Dieser, in Fig. 18 und 19., Taf. XV., dargestellte Damm unterscheidet sich ganz wesentlich dadurch von den vorher beschriebenen Balkendämmen, daß jede Lage nicht aus einem, sondern aus zwei Balken besteht, welche sich eben so in der Mitte gegen einander legen, wie die Flügel eines Schleusenthores, indem sie einen Winkel gegen die Wasserseite hin bilden. Derselbe befindet sich auf dem mit 45 bis 50 Grad einfallenden Flötze in einer 13 F. weiten Abbaustrecke. Durch Balken, welche in die Fallungslinie des Flötzes gelegt werden, ist ein so weiter Raum nicht zu verdämmen, und wenn daher das Hangende und Liegende nicht hinreichende Festigkeit besitzen, um die Köpfe der Balken in einem schräg gehauenen Einbruch dagegen legen und verkeilen zu können, das Flötz selbst dagegen fester und dicht ist, so wendet man diese Art der Dämme an. Die Kohlenstöße werden winkelrecht gegen das Fallen, einander parallel, eben zugeführt, das Hangende und Liegende so weit fortgeschlagen, bis es hinreichend dicht ist, und ebenfalls mit einander parallele Flächen bildet. Der Zuführungsraum erhielt hierbei eine Höhe von etwa $5\frac{1}{2}$ F., winkelrecht gegen die Fallungsebene gemessen, so daß der Damm etwa eine Fläche von 73 Quadratf. zu decken hatte. Derselbe besteht aus 8 Balken von Buchenholz, $22\frac{1}{2}$ Zoll

stark und etwa 17 Z. hoch, welche in 4 Lagen über einander liegen, und in der Mitte 11¾ Z. weit nach der Wasserseite hin vorspringen. In der Mitte bleibt auf der Wasserseite eine 2¼ Z. weite Fuge, und an den Stößen auf der trockenen Seite eine eben so weite Fuge. Auf dem Liegenden und an dem Hangenden werden keilförmige Tannenbretter, mit dem starken Ende nach der trockenen Seite, gelegt, und Moos zwischen denselben und dem Gesteine. Eben so wird Moos und Keile von weichem Holze zwischen den Köpfen der Balken und den Kohlenstößen und Mooslagen zwischen den einzelnen Balken gelegt, die nur mit dem Beile glatt bearbeitet, aber nicht gehobelt sind, weil man durch diese kleinen Rauhheiten und das dazwischen gepreßte Moos eine größere Dichtigkeit zu erreichen glaubt. Die beiden obersten Balken werden auf der innern Seite mit eichenen Handhaben (Klammern) a a versehen, und nachdem sie eingesteckt sind, mit Hebezeugen angezogen, so weit als es irgend möglich ist.

Die Verkeilung wird in der Sohle und Firste zwischen den Balken und den Tannenbrettern, in den Seitenstößen zwischen den eingelegten Keilen und den Balkenköpfen, auf die gewöhnliche Weise angebracht. Die Form des Zuführungsraumes trägt bei diesem Damme nichts zu dessen Widerstandsfähigkeit bei, und dieselbe wird durch die Einrichtung der gegen einander gesperrten Balken und durch die Spannung der Verkeilung bewirkt. Die Wassersäule, welche hinter diesem Damme angespannt, besitzt nach der Angabe des Grubendirectors Beuleaux eine Höhe von 168 F. und daher beträgt der Druck gegen den Damm 819,000 Pfund.

Dämme auf der Steinsalzgrube bei Dieuze. Diese Dämme (Fig. 13—16, Taf. XIII.) sind ebenfalls von Hrn. Levallois in den Ann. d. min. in dem bereits oben erwähnten Aufsatze (3. Sér., Tome IV, p. 321) beschrieben worden; dieselben werden nach zwei verschiedenen Methoden ausgeführt, von denen die eine zwar in vieler Beziehung mit der von Huelgoët übereinstimmt, aber doch rücksichtlich der Anbringung der Verkeilung ganz davon abweicht; die andere dagegen in den wesentlichsten Theilen verschieden ist.

Was die erste Methode betrifft, so wird in den Seitenstößen und in der Sohle der Strecke ein Schlitz rechtwinklig gegen die Stöße eingehauen, welcher die Stärke der Balken des Dammes um 0,12 Meter (4½ Z.) in der Breite übertrifft, und 0,15 Meter (5¾ Z.) tief ist. Fig. 31 und 32. Dieser Schlitz ist an einer Stelle erweitert, um den Schlußbalken einbringen zu können. Die Balken, welche nicht ganz so lang sind, als der Schlitz breit, um sie leichter einlegen zu können, erhalten eine horizontale Lage und wird der unterste Balken in hydraulischen Mörtel gelegt und dadurch um so dichter mit der Sohle verbunden. Die Verkeilung in der Firste wird auf die gewöhnliche Weise eingerichtet; dagegen werden in den Seitenstößen die Keile zwischen den Balken und den Stößen des Schlitzes in den 2¼ Z. weiten Räumen eingebracht, so daß also die Keile senkrecht gegen die Streckenstöße eingetrieben werden. Diese Verkeilung mag zwar ziemlich leicht auszuführen sein, sie setzt jedoch ein festes Gestein voraus, weil sonst die Brust zwischen dem Schlitze und dem Streckenfuße leiden würde.

Die zweite Methode besteht darin, daß in dem Zuführungsraume, welcher genau so wie auf der Grube Huelgoët gehauen wird, ein Keilgeviere (aus der Sohle, einem Paar Thürstöcken und der Kappe bestehend) aufgestellt, und dasselbe bei einem Zwischenraume von 2¼ 3. ringsum gegen das Gestein so verkeilt wird, wie die Keilgeviere bei der wasserdichten Schachtzimmerung. Fig. 15 und 16. Eine festere und das Gestein weniger angreifende Verbindung dürfte auch kaum herzustellen sein. Auf der Wasserseite dieses Gevieres ist ringsum ein Einschnitt e, Fig. 16., gemacht, in welchen Balken oder starke Bohlen horizontal eingelegt werden und so den ganzen Raum des Ortes verschließen. Diese Ausführung ist sehr leicht, sobald auf der Wasserseite des Dammes ein Zugang von oben nieder vorhanden ist, und also auch der Verschluß von dieser Seite gemacht werden kann. Ist dieß nicht der Fall, so dürfte es nur sehr schwer gelingen, diese Füllung wasserdicht herzustellen. Dagegen scheint es keinen Schwierigkeiten unterworfen zu sein, in dem Keilgeviere, oder in mehrern dicht hinter einander aufgestellten und zusammenschließenden, einen Balkendamm auf die schon mehrfach beschriebene Methode herzustellen und dabei ganz gewiß eine bessere und sicherere Verbindung mit den Stößen zu erreichen, als es möglich ist, sobald als die Köpfe der Balken unmittelbar gegen das Gestein zu liegen kommen, und in dem Zwischenraume zwischen denselben die Verkeilung vorgenommen werden muß. Es ist daher auch wohl ganz zweckmäßig, daß die Dämme in dem tiefen Querschlage auf der Schafbreite ähnliche Geviere erhalten haben. Die Verdichtung dieser Geviere ist aber nicht, wie hier, auf den Umfang, sondern zwischen der vorderen und Rückseiten und der Gesteinbrust, und daher nach demselben Princip bewirkt worden, wie bei den liegenden Balken zu Dieuze, so daß schon dieser Theil des Dammes in schafbreitem Querschlage aus den beiden zu Dieuze angewendeten Methoden zusammengesetzt ist. Die Ausfüllung dieses Gevieres aber ist nach der sogleich zu beschreibenden Methode der Dammanfertigung eingerichtet, und dadurch bei der größten Sicherheit gegen das Eindrücken der Dämme die zweckmäßigste Verbindung mit dem Gesteine erlangt.

Keildämme auf dem Flötze Stein-Knipp der Steinkohlengrube Spanbruch im Worm-Revier (Fig. 17—19., Taf. XIII.). Von allen bisher beschriebenen Dämmen unterscheiden sich diejenigen ganz wesentlich, welche unter dem Namen der Keil-, Klotz- oder Klötzeldämme vielfach ausgeführt worden sind. Man kann bei denselben noch zwei verschiedene Methoden der Verdichtung unterscheiden, indem diese entweder von der Wasserseite (Rückseite, Rücken), oder von der trocknen Seite geschieht. Im erstern Falle ist ein Einsteigeloch bei denselben anzubringen; im letzteren wird dieses erspart. Nach dieser letzteren Methode wurden die beiden Dämme auf der Grube Spanbruch, einer in einem Querschlage und der andere in einem Schachte, geschlagen, von denen die von dem Hrn. Obergeschwornen Wadsak, im Jahre 1822, gelieferte Beschreibung hier mitgetheilt wird.

Die Flötze der Grube Spanbruch werden von zwei diagonalen, nahe liegenden, unter einander parallel laufenden Verwerfungen durchsetzt, und

von Ost gegen West zusammen um etwa 9 Lachter in's Liegende verworfen. Zwischen den Sprüngen sind die Flötze unregelmäßig und für den Grubenbau nur zu beiden Seiten von Werth.

Auf dem Flötze Steinknipp wurde der Betrieb anfänglich nur auf dem höher liegenden östlichen Flötztheile geführt, durch einen vom Förderschachte gegen Nord getriebenen Querschlag. Man beabsichtigte nun auch die Lösung des tiefer liegenden westlichen Flötztheiles durch einen blinden Schacht und einen zwischen beiden Sprüngen angesetzten Querschlag, in einer 13 Lachter saiger tieferen Sohle. Mit diesem Querschlage wurde, in 10 Lachter Entfernung vom Schachte aus, einer sehr wasserreichen Kluft, angefahren, aus welcher sich nach und nach die Wasserzugänge sehr vermehrten, obgleich der Betrieb sogleich eingestellt worden war, inzwischen durch eine Wetterstrecke dem Baue in dem östlichen Feldestheile zugiengen und hier mit 4 sechszölligen Handpumpen gehoben werden mußten, welche täglich 24 Mann erforderten.

Um den Bau auf dem oberen Flötze Groß-Mühlenbach von diesen Wasserzugängen zu befreien, mußte ein Damm in dem blinden Schachte, und ein zweiter in dem, in der Sohle des Förderschachtes getriebenen Querschlage, errichtet werden.

In dem Querschlage wurde, etwa $2\frac{1}{2}$ Lachter von dem Schachte entfernt, der Raum für den Damm in ziemlich festem und geschlossenem Schieferthon zugeführt, so daß er auf eine Länge von 3 bis 4 F. sich gleichmäßig erweiterte und 3 Z. Brust erhielt, auf der trockenen Seite 6 F. hoch und breit, und auf der Wasserseite $6\frac{1}{2}$ F. hoch und weit war. Fig. 17 und 18. Die einzelnen Keilstücke von 3 F. Länge von trocknem gesunden Eichenholze wurden in einzelnen horizontalen Lagen vorgerichtet, so daß die zu der Lage gehörigen einzelnen Keile eine gleiche Stärke besitzen, nicht aber alle Lagen darin gleich sind, um das Holz besser zu benutzen. Die meisten Lagen sind zwischen 6 bis 8 Z. stark, nur wenige zwischen 4 bis 5 Z. Die Keile werden nun auf allen Seiten abgehoben und zwar so, daß ihre Seiten, auf die trockene Seite verlängert, in einem Punkte zusammen treffen würden, mit Ausnahme jedoch des Schlußkeils und der beiden demselben zunächst liegenden. Der Schlußkeil ist nämlich verkehrt, auf der Wasserseite, $\frac{1}{2}$ Z. schmaler als auf der entgegengesetzten, und kann daher von der trocknen Seite aus mit Gewalt zwischen die vordern Keile getrieben werden, und erhält so die ganze Lage in Spannung. Durch den Wasserdruck kann er dennoch nicht herausgetrieben werden, da er, so wie die ganze Lage auf der Wasserseite, etwas höher ist, als auf der trocknen Seite des Dammes. Bei der Bearbeitung der einzelnen Lagen wurden die Keile so zusammengepreßt, daß, wenn der Schlußkeil f mit der Hälfte seiner Länge eingelegt war, die Lage genau den Zuführungsraum erfüllte und die übrige Länge des Schlußkeils mußte alsdann mit großen hölzernen Stampfern mit Gewalt eingetrieben werden, Fig. 18.

Gerade so wie die einzelnen Keile in jeder Lage mit einem Schlusse versehen sind, eben so sind nun auch die über einander liegenden Lagen mit einer Schlußlage versehen. Die Breite der einzelnen Keile ist verschieden,

und dadurch erlangt man sehr leicht, daß die senkrechten Fugen nicht durch mehrere Lagen hindurch gehen, sondern in jeder darüber liegenden Lage durch einen Keil gedeckt werden. Fig. 19. Wenn die einzelnen Lagen auf die beschriebene Weise bis zur Mitte des Dammes vorgerückt sind, so wird die Schlußlage mit einem Drittel ihrer Länge eingelegt, und darüber die anderen gewöhnlichen Keillagen weiter gebaut, bis sie die Firste erreichen. Dann erst wird die Schlußlage eingetrieben und dadurch allen Lagen bis zur Sohle und Firste eine große Spannung gegeben.

In dem Schachte wurde der Damm 16 Fuß unter der Hängebank gelegt; derselbe erhielt oben eine Länge von 7 F. bei 6 F. Weite und unten eine Länge von 7½ F. bei 6½ F. Weite; er wurde von gleicher Stärke, wie der im Querschlage von 3 F. langen Keilen und auf ganz gleiche Weise eingerichtet. Dieser Damm wurde zuerst eingebaut, unter demselben wurden 3 Tragestempel von 12 Z. Stärke in tiefe Bühnlöcher gelegt, Fig. 19., und mit 2½ Zoll starken Bohlen bedeckt, um dem Damme während des Einbaues einen festen Fuß zu geben. Die zugeführten Gesteinstöße wurden alsdann sorgfältig gereinigt und mit hydraulischem Mörtel bestrichen. Derselbe besteht aus Kalk, der an der Luft zerfallen ist, aus gelöschtem Kalk, Holzasche und Moos, und wird tüchtig durch einander gearbeitet. Dann wird der Damm auf die bereits erwähnte Weise eingebracht und endlich über der Schlußlage ein 12zölliger eichener Tragestempel gelegt, der an beiden Stößen eingebühnt und mit Keilen so fest, als möglich, angetrieben wurde, so daß die Schlußlage auch ihrerseits nicht weichen kann.

Während dieser Arbeit wurden die Wasser anderweitig gesumpft, so daß sie durchaus nicht störend darauf einwirken konnten und auch keine Mittel angewendet zu werden brauchten, um sie durch den Damm hindurch zu heben.

Bei der nachfolgenden Errichtung des Dammes im Querschlage mußte aber in einem der Keile der untersten Lage eine Oeffnung gebohrt werden, durch welche das Wasser bis zur Vollendung desselben einen Abfluß fand. Auch bei dieser fing man damit an, unmittelbar hinter dem Raume, wo der Damm gelegt werden sollte, 3 sechszöllige Stempel zu schlagen, die in tiefen Sohlen-Bühnlöchern ruheten, und vor diesen Bohlen zu setzen und anzunageln, welche beinahe die ganze Weite des Querschlages einnahmen. Dieser Versatz hat den Zweck, daß die Keile bei dem Eintreiben der Schlußkeile, so wie auch der ganzen Schlußlage, nicht aus ihrer Lage und durchgetrieben werden können. Nachdem der Damm gesetzt war, wurde vor der Schlußlage eine eichene Schwelle von 8 bis 9 Z. gelegt, und mit zwei Spreizen gegen die Stöße an den Damm angepreßt, und alsdann die Oeffnung zum Abflusse der Wasser mit einem Spunde verschlossen.

Nachdem das Wasser einige Tage hinter den Dämmen gestiegen war, drang dasselbe mit großer Gewalt zwischen den Fugen einzelner Keile hindurch, so daß man genöthigt war, diese mit Bühnenkeilen zu verstopfen, was auch so weit gelang, daß nur noch die ganz feinen Wassertropfen durch die Holzfasern selbst durchdrangen.

Da der Damm im Querschlage eine Wassersäule von 180 F. und der

in dem Schachte von 191 F., also der erstere einen Druck von 427,000 Pfd., der letztere von 529,000 Pfd. zu tragen hat, so wurde, um die Grube gegen die Gefahr eines Durchbruches der Dämme sicher zu stellen, sowohl über dem Damme im Schachte, als vor dem Damme im Querschlage, in der Entfernung von einem Fuß, ein zweiter, ähnlicher geschlagen, und der Zwischenraum zwischen beiden mit Letten ganz dicht ausgestampft. Im Schachte blieb der Tragestempel liegen, und der vordere Damm erhielt nun eine Stärke von 2 F. Im Querschlage dagegen wurde die Schwelle mit den Spreizen fortgenommen, und der vordere Damm erhielt ebenfalls 3 F. Stärke, so wie der zuerst hier gelegte. Wenn die Ausfüllung mit Letten auch zur Festigkeit dieser Dämme nichts beitragen konnte, so hatte sie doch den Vortheil, daß der Druck den Letten in die Fugen der vordern Dämme preßte und diese dadurch ganz dicht wurden, und gar keine Wasser durchließen.

Nach demselben Principe ist auch ein Keildamm in einem Querschlage auf der Steinkohlengrube Prick, in dem an das Worm-Revier grenzenden niederländischen Gebiete, geschlagen. Derselbe ist aus Keilen von Buchenholz von $3\frac{3}{4}$ F. Länge zusammengesetzt. Der Zuführungsraum ist auf der Wasserseite 4 Zoll höher und breiter als auf der trocknen Seite des Dammes. Die einzelnen Keillagen haben 6 bis 12 Z. Höhe, und in jeder Lage befinden sich zwei Schlußkeile, die auf der trockenen Seite um $\frac{1}{2}$ stärker als auf der Wasserseite sind, so daß die übrigen Keile zusammen auf dem Rücken 5 Z. breiter als vorn sind. Die ganze Breite des Dammes beträgt am Rücken 6 F., so daß bei 9 Z. Breite der Keile, jeder der gewöhnlichen Keile auf dem Rücken $\frac{5}{8}$ Z. breiter ist als vorn.

Die Schlußlage ist um $\frac{1}{2}$ Zoll auf dem Rücken niedriger als vorn, so daß die übrigen 11 Keillagen auf dem Rücken $4\frac{1}{2}$ Z. höher als vorn sind, oder jede derselben bei durchschnittlich 8 Z. Höhe (überhaupt 8 F. Höhe des Dammes) $\frac{9}{22}$ Z. Die Seitenstöße des Zuführungsraumes sind vor dem Lager des Dammes mit einem Mörtel bestrichen, der aus ungelöschtem Kalk, weichem Käse und fein gezupftem Moose besteht. Die Fugen der einzelnen Keile werden nach dem Legen, sowie sich durchdringende Wasserstrahlen zeigen, mit 6 Z. langen und starken, am Ende 1 Zoll dicken Keilen verdichtet, die man nur nach und nach in einem Zeitraume von 3 Wochen eintreibt, wodurch der Damm alsdann ganz wasserdicht wird.

Keildämme oder Keilverspünden im sächsischen Erzgebirge *). Ganz anders, als die jener Dammverspünden ist hingegen, wie schon bemerkt, die Construction der bei dem sächsischen Bergbau zuerst durch den Hrn. Maschinendirector Brendel entworfenen und ausgeführten sogenannten Keilverspünden. Ihre Construction steht der der Dammverspünden weit voraus, indem sie gestattet, die Widerstandsfähigkeit ohne alle Verminderung der Wasserdichtheit in demselben Verhältnisse zu verstärken, in welchem die Druckhöhe des dahinter aufzustauenden Wassers wächst: ein Leistungsverhältniß, welches bei jenen Dammverspünden bei größeren Druckhöhen von 50 Lachter schon sehr bedeutend ist, die Keilverspünden jetzt schon

*) Aus dem Freiberger Jahrbuche, 1841, S. 28 rc.

über 118 Lachter aufgenommen haben, obschon man, bis jetzt, einiger noch rückständiger Versuche halber, bei der Stärkebestimmung in so fern noch einigermaßen empirisch zu Werke gehen mußte, als für die Dimensionsverhältnisse aller bisherigen Verspünden das Anhalten von einem keineswegs vollkommen und genügend durchzuführen möglichen Versuche entnommen werden mußten, welchen der Hr. Maschinendirector **Brendel** für den Einbau des ersten Verspündens dieser Art, auf Gelobt Land Fdgr. bei Freiberg anstellte.

Zwischen den eigentlichen Damm- und den Keilverspünden stand noch eine andere, jedoch weit mehr den ersteren zugehörige Art, inne, bei welcher die den Damm bildende, geradstirnige Wand aus über einander gelegten prismatischen Holzstücken, von 2 bis 6 Fuß Länge, gebildet und nachmals durch eingetriebene Holzkeile verdichtet wurde. Die ersten Verspünden dieser Art scheinen in dem Bergamtsreviere Schneeberg angewendet worden zu sein, wo man in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts die auf einem alten Stollnflügel herbeikommenden Wasser mittelst zweier solcher **Holzverspünden** — wie sie damals genannt wurden — in die Höhe trieb, um sie auf einer höheren Sohle als Aufschlag für das Firstenverträger Kunstrad zu benutzen. In dem Freiberger Revier wurde später ein dergleichen Verspünden von 1 Elle Stärke auf neue Hoffnung Gottes Fdgr. zu Braunsdorf erbaut. Man nannte es **Klötzelverspünden**, welcher Name jetzt, wegen einiger Aehnlichkeit der Zusammensetzung, daher auch in der Trivialsprache der Arbeiter den jetzigen Keilverspünden fälschlich beigelegt wird.

Fig. 12 — 15., Taf. XV., geben eine bildliche Darstellung dieses Verspündens. Fig. 12. ist die hintere, Fig. 14. die vordere Ansicht, Fig. 13. der senkrechte und Fig. 14. der horizontale Durchschnitt.

Das Keilverspünden hat, wie es sein Name bezeichnet, sowohl im Ganzen als in den einzelnen Theilen die Keilform, zwar nicht im streng mathematischen, wohl aber im technischen Sinne der Bezeichnung Keil *), indem es im Ganzen einen von radikal liegenden Flächen begrenzten Ausschnitt einer Hohlkugel (Kugelschale) darstellt, oder einen Theil eines Kuppelgewölbes — s. die erwähnten Figuren AA, BB, CC, DD, — das mit der convexen Wölbfläche dem Wasserdrucke entgegen gewendet, selbst aber wieder aus einzelnen Hölzern zusammengesetzt ist, deren jedes eine abgestumpfte vierseitige Pyramide bildet.

Zuvörderst wird auf der abzusperrenden Strecke eine Stelle für das einzubauende Verspünden ausgewählt, an welcher das Gestein rings herum dicht, frei von allen Klüften, Spalten und sonstigen Oeffnungen ist; an welcher ferner der Querschnitt der Strecke nicht zu weit ist, um nicht auch den Querschnitt und somit die dem Drucke ausgesetzte Fläche des Verspündens unnöthig zu vergrößern; endlich eine Stelle, an welcher das Streichen der Strecke möglichst regelmäßig und gleichförmig ist.

Diese Stelle hat man zugleich nicht zu entfernt von demjenigen

*) Diejenige Art, die in der französischen Sprache mit **Picot**, in der deutschen etwa mit **Spitzkeil** bezeichnet wird.

Punkte zu wählen, an welchem der Wasserzudrang stattfindet, um nicht den hinter das Verspünden fallenden und dem Wasser überlassenen Raum zu groß zu machen, da mit dessen Größe und der seiner Umfläche die Möglichkeit wächst, daß sich auf letzterer eine oder die andere Kluft, Spalte oder dergleichen findet, durch welche das Wasser im Gesteine sich einen Weg um das Verspünden herum bahnen kann, wenn erst die ganze Druckhöhe darauf wirkt.

Der zur Anlage bestimmte wird nun genau körperlich aufgenommen und zu Risse gebracht, wenn dieß nicht schon vorher, behufs dessen Auswahl, mit der ganzen Strecke geschehen ist.

Nun wird der innere kleinere Halbmesser und die Stärke des Verspündens bestimmt; beide zusammen begründen das Verhältniß der Keilform des Verspündens im Ganzen und Einzelnen, nämlich den verhältnißmäßigen und unmittelbaren Unterschied zwischen der innern und äußern Fläche des Verspündens und der einzelnen Theile desselben, somit zugleich die Widerstandsfähigkeit.

Würde das Verspünden aus einem nur sehr wenig zusammendrückbaren Material, wie z. B. Stein, Gußeisen, hergestellt, so würde man nach einem gewählten Halbmesser, dessen Stärke dem muthmaßlichen Drucke des Wassers entsprechend, aber nur mit Rücksicht darauf zu ermitteln haben, daß dasselbe, wie jedes Gewölbe, nicht zerdrückt werde; da jedoch eines Theils, besonders bei der Anwendung von wirklicher Mauerung, abgesehen von der schwierigen Herstellung bei einer oft nöthigen so bedeutenden Stärke, die Fugen nicht völlig und bis zur Erlangung eines vollkommen wasserdichten Ganzen geschlossen werden können, das Holz hingegen diesem Zwecke viel besser entspricht, so macht andern Theils eben die Zusammendrückbarkeit des Holzes noch die Ermittelung eines solchen Verhältnisses zwischen der hintern und der vordern Fläche, eine solche Vergrößerung der ersteren gegen die letztere, nöthig, daß nicht etwa die hintere Fläche, und somit das ganze Verspünden von dem Wasser durch den vorderen engeren Querschnitt hindurch gedrückt werden kann. Endlich muß aber auch noch zugleich bei der Wahl des Halbmessers berücksichtigt werden, daß das Verspünden keine zu starke Wölbung bekommt, die Endradien, besonders die eines Vertikaldurchschnittes desselben, keinem zu stumpfen Centriwinkel zugehören, weil eine solche zu hohe Wölbung nicht nur schon den ersten Einbau erschwert, sondern auch dem späteren Verkeilen aus dem Grunde nachtheilig werden kann, weil durch letzteres die hintere Fläche und somit deren Wölbung für sich, ohne die vordere, noch mehr und selbst so weit vergrößert werden kann, daß die mittleren Hölzer nach hinten hinausgedrückt, bevor sie durch den Wasserdruck angenommen und in Ruhe erhalten werden.

Bei der gewöhnlichen Streckenhöhe von $1\frac{1}{4}$ Lachter scheint sich bisher ein innerer Halbmesser von durchschnittlich 12 Ellen als zweckmäßig bewährt zu haben, dürfte jedoch für Druckhöhen über 100 Lachter vielleicht noch etwas zu verkürzen sein — wie er auch schon bei einer früheren Gelegenheit zu 9 Ellen gewählt worden ist, worüber am Schlusse noch etwas bemerkt werden wird.

Nun wird der Mittelpunkt für die Wölbung des Verspündens vorwärts auf der Strecke, durch einen Nagel, entweder an einer etwa in halber Ortshöhe querüber gelegten Spreize, oder in einem in einer Ulmen eingeschlagenen Dübel — wenn etwa die Strecke sich krümmt und dadurch der Punkt in eine der Arena fällt — bezeichnet und zunächst der betreffende Theil der Strecke in den Ulmen der Förste und der Sohle dergestalt zugeführt, daß alle Theile der Umfläche in von jenem Mittelpunkte ausgehenden Radien liegen.

Ehe diese Arbeit beginnt, wird in hinreichender Entfernung vor und hinter dem Lagerungspunkte des Verspündens ein hinreichender hoher Rasendamm geschlagen und dadurch ein Sumpf gebildet, um die auf der Strecke zufließenden Wasser während des Baues zurückhalten, aufsparen und durch ein Gerinne über der zuzuführenden Sohle ohne Behinderung für die arbeitenden Häuer hinwegleiten zu können.

Das Zuführen der Umfläche der Strecke wird nach einer im Mittelpunkte der Krümmung derselben befestigten angespannten Schnur und zwar so bewirkt, daß man, um allen unnöthigen Aushieb zu vermeiden, als Anhalten für die Umfläche des Verspündens, so weit möglich, den Umriß auch für die kleinere vordere Fläche den Querschnitt der Strecke selbst annimmt.

Das Zuführen wird so weit fortgesetzt, daß die von dem bezeichneten Mittelpunkte aus gespannte und jenen kleinsten Umriß berührende Schnur sich durchgängig auf die ganze Stärke des künftigen Verspündens scharf an das Gestein anlegen läßt, ohne eine Biegung zu machen oder einen Abstand zu lassen.

Dieses Zuführen kann lediglich mit Schlägel und Eisen bewirkt werden, weil selbst in dem Falle, daß man größere vorspringende oder sonstige Gesteinmassen wegzunehmen genöthigt wäre, durch Schießen auch das nicht anzugreifende Gestein zerrüttet und geöffnet werden könnte.

Während des Zuführens wird schon das Holz für das Verspünden über Tage zugeschnitten, beschlagen, möglichst getrocknet und gedörrt, gefügt und der Hauptsache nach zusammengepaßt.

Man hat sich dazu bis jetzt in Sachsen des gewöhnlichen Nadelholzes: Fichte, Kiefer oder Tanne bedient, und gefunden, daß solches dem Zwecke vollkommen genügt, sogar in der größeren Zusammendrückbarkeit für die Leichtigkeit des Verkeilens von harten Hölzern einen gewissen Vorzug besitzt, nur muß es ganz gesund, so astfrei und so ausgetrocknet als möglich sein.

Bis jetzt gab man diesen Hölzern durchschnittlich 6 Fuß Länge, als die Stärke, welche das Verspünden bekommen soll, dabei am vordern schwächern Ende 6—7 Zoll (kleinste) Seitenbreite.

Das Bearbeiten und Fügen bewirkt man nach demselben Halbmesser, wie das Zuführen, auf einer geebneten und mit Pfosten belegten Sohle.

Hierauf schreitet man zu dem eigentlichen Einbaue.

Zuvörderst wird die ganze zugeführte Gesteinsumfläche gesäubert, mit Wasser rein abgespült und mit Lappen abgetrocknet.

Die Hölzer werden der Hauptsache nach von unten nach oben in einzelnen, für einen und denselben Krümmungshalbmesser gleich hohen Schich-

ten gelegt, jedoch so, daß die einzelnen Hölzer in der einen Schicht die Wechsel und Stoßfugen in der darüber und der darunter liegenden Schicht decken, so daß nicht auch die einzelnen Fugen in einen und denselben Verticaldurchschnitt fallen.

Man legt zuerst die unterste Schicht, auf der Sohle, wobei man, wie bei jeder der übrigen, auf folgende Weise verfährt:

Zunächst paßt man die beiden äußersten an der hangenden und liegenden Ulme anliegenden Hölzer an, weil die Begrenzungsfläche des Querschnitts der Strecke und des ganzen Verspündens eine ringsherum fortlaufende Figur bildet, die Stöße von der ebenen Sohle aufwärts gegen die Mitte der Streckenhöhe aus einander, gegen die Förste hin aber wieder zusammenlaufend.

Man rückt deßhalb jedes der beiden Hölzer so nahe an seinen Stoß an, als es der am meisten hereinspringende Theil des letzteren, an der unteren oder oberen Kante, gestattet, während man die innere Seite desselben genau in einen Radius legt; fertigt sodann ein Streichmaß, welches dem bleibenden größten Abstande der oberen (resp. untern) Kante zum Gesteine entspricht und verreißt danach die entgegengesetzte — untere oder obere — Seite des Holzes und die beiden Stirnen.

Hiernach wird das Holz zugearbeitet und durch wiederholtes Anpassen und Nachbessern dessen genauester Anschluß an das Gestein bewirkt.

Behufs dieses Anbesserns des Holzes bestreicht man das Gestein mit rother Farbe, schiebt sodann das vorläufig zugearbeitete Holz an und nimmt hernach von allen denjenigen Stellen noch weg, welche sich roth gefärbt haben, also angetroffen sind, bis endlich bei'm Anschieben sich alle Theile der entsprechenden Seiten des Holzes roth färben, und sonach ein durchgängiges scharfes Anschließen des Holzes andeuten.

Hierauf werden die übrigen, mittleren Hölzer so eingefügt, daß jede Fuge sowohl ganz in einem Radius liegt, als auch möglichst dicht schließt.

Das Einpassen rückt von beiden Seiten nach der Mitte, bis zu dem Schlußkeile, vor, dessen nöthige Breite man hinten und vorn genau abmißt und ihr sodann $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{8}$ Zoll zugiebt, je nach der Anzahl Fugen in einer Schicht und somit dem Grade des zu erwartenden Zusammentreibens.

Der Schlußkeil wird hierauf mit schwachen Schlägen eingetrieben, jedoch nicht ganz, sondern nur so weit, daß man beurtheilen kann, ob er sich völlig eintreiben lassen wird, oder ihm zuvor noch etwas nachgeholfen werden muß.

Nach erfolgtem Zusammenzeichnen der Hölzer wird die Schicht wieder weggenommen und nun erst an der Umfläche des Gesteins eine Art Liderung angebracht, welches nicht eher geschehen konnte, ohne ein genaues Anpassen der Hölzer zu verhindern.

Dieser Abschluß wird durch doppelte starke graue Sackleinwand gebildet, welche auf der inneren, zusammengelegten Seite getheert wird, so daß am Holze und am Gesteine die ungetheerten Flächen liegen.

Von dieser Leinwand werden zuvörderst zwei auf die oben beschriebene Weise vorgerichtete und auf einander gelegte Stücke auf der Sohle glatt aus-

gebreitet, so daß sie vorn und hinten noch etwa 2 Zoll über die Stärke des einzubauenden Verspündens hervorstehen und an beiden Ulmen etwa noch 1 Elle hoch hinaufreichen, wo man ihre Enden durch eine eingeschlagene Spreize festhält.

Auf diese Leinwand wird nun die unterste Schicht gelegt und der Schlußkeil mittelst eines sehr schweren Treibefäustels, nach Befinden von 60 Pfd., so lange eingetrieben, als noch ein Fortrücken desselben zu bemerken ist.

Nachdem diese Schicht zwischen beiden Ulmen wagerecht abgewogen und abgerichtet worden ist, wird die nächste darauf gelegt. Da jede nächst obere Schicht erst dann eingepaßt und eingebessert wird, wenn die vorhergehende fest liegt, so legt man während des Einpassens der ersteren die beiden Enden der Leinwand an den Stößen einstweilen auf jene untere Schicht herab und klappt sie erst für den nachfolgenden festen Einbau der oberen wieder hinauf.

Nahe über der Sohle, daher etwa in der zweiten Schicht von unten, muß eine Oeffnung gelassen werden, um während des Einbaues und bis zu dem Schlusse des Verspündens die hinter demselben zudringenden und durch den oben erwähnten Damm aufgestauten Wasser ohne Störung abzuführen.

Man legt daher in der Mitte jener Schicht ein stärkeres Holz ein, am starken Ende nach Maßgabe der Größe des Wasserdruckes und des Halbmessers des Verspündens, von 12 bis 20 Zoll Seitenbreite, welches daher die Höhe von zwei gewöhnlichen Schichten einnimmt; dieses Holz wird der Länge nach mit einer, je nach der abzuführenden Wassermenge etwa 2 bis 4 Zoll weiten Oeffnung a durchbohrt, die im letzten Stücke von etwa 20 Zoll Länge bis an die hintere, dem Wasser zugewendete Mündung sich konisch erweitert, um zuletzt einen eben so gestalteten Spund zu deren Verschluß aufzunehmen. Von dieser Bohrung wird jedoch erst dann Gebrauch gemacht, wenn der Einbau des Verspündens sich der Höhe des hinteren Dammes 1 bis $1\frac{1}{2}$ Elle über der Sohle oder selbst bis zur Förste, nähert, bis wohin das Wasser von dem besagten Damme weg in einem unter der Förste hingelegten Gerinne abgeführt wird.

So wird nun eine Schicht auf die andere eingebaut, während man in beiden Stößen neue Leinwandstücke angelegt, die bis in die Förste reichen.

Etwa in der halben Höhe des Verspündens legt man eine gußeiserne Röhre F ein, welche dazu dient, eine Oeffnung frei zu erhalten, von hinreichender Weite, daß die Arbeiter nach erfolgtem nachmaligen Verspreizen des Verspündens hindurch kriechen können. Früher ließ man eine größere viereckige Oeffnung unmittelbar und ohne Auskleidung frei, da jedoch die Verkeilung weniger vollkommen dicht bewirkt werden konnte, gegentheils aber dennoch durch das Verkeilen selbst die Oeffnung zu sehr verengt wurde, so legt man jetzt zweckmäßiger eine solche Röhre ein.

Diese Röhre hat die Länge des Verspündens selbst; auf die vordere Hälfte der Länge ist sie cylindrisch etwa von 18 Zoll Durchmesser; in dem übrigen Theile erweitert sie sich konisch bis zur hintern Ausmündung um etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll. Eben so nimmt die im cylindrischen Theile nur etwa $\frac{3}{4}$ Zoll

betragende Wandstärke im konischen bis auf 1½ — 2 Z. zu. Außerdem ist die hintere weitere Mündung mit einem, außen 1 Z. hervorspringenden starken Rande versehen, mit welchem sie sich an die hintere Wölbfläche des Verspündens anlegt.

Nur wenn der durch das Verspünden abzuschließende Raum noch einen andern Ausgang hat, braucht man keine solche Fahröffnung; ein Fall, welcher freilich selten und nur etwa dann eintreten kann, wenn von jenem Raume unmittelbar ein abgesonderter Schacht oder dergleichen für sich bis auf diejenige Sohle hinaufgeht, bis zu der man das Wasser hinaufdrücken will.

Nachdem für die einzulegenden Fahrröhre die Hölzer derjenigen beiden Schichten, auf und in welche die Röhre mit der halben Stärke zu liegen kommt, nach Schablonen gehörig ausgeschnitten sind, breitet man in diese Höhlung einfache Leinwand aus, schlägt solche um die darauf gelegte Röhre herum und bessert hierauf die folgende und endlich die die Röhre oben überdeckende Schicht auf gleiche Weise auf und an.

Jetzt wird nun auch das, bisher auf die schon beschriebene Weise in einem unter der Förste hinliegenden Gerinne aus dem Sumpfe abgeführte Wasser durch die Bohrung über der Sohle geschlagen, um jenes hinderlich werdende Gerinne wegnehmen zu können. Man stößt dazu sowohl an die hintere Mündung jener Bohrung ein Stück Röhre bis durch den hintern Damm, als auch ein ähnliches an die vordere Mündung an, welches bis über den zweiten, mehrere Ellen vor dem Verspünden geschlagenen, aber niedrigen Rasendamme reicht; beide Röhren werden dicht angebüchst und führen nun die Wasser unmittelbar aus dem Sumpfe bis jenseits des vorderen Dammes, welcher sie an einem etwaigen Zurücktreten nach dem Arbeitsraume verhindert, so daß der letztere ganz trocken erhalten wird.

Jetzt wird das Legen der Schichten in derselben Weise, wie früher, fortgesetzt, bis noch etwa 3 Schichten unter der Förste übrig sind. Von dieser werden vier nach einander gehörig eingepaßt, zusammengezeichnet und sodann von ihnen so viel Hölzer weggenommen, als nöthig sind, um die oberste Förstenschicht verreißen und einbessern zu können. Hierauf befestigt man die Leinwand an der Förste durch Nägel, die man in zuvor in das Gestein getriebene Dübel schlägt, bringt die Schichten wieder hin und treibt die Schlußkeile ein.

In die zweite Schicht von oben legt man jedoch ein Stück Holz ein, welches ebenfalls der Länge nach mit einer 1 bis höchstens 2 Zoll weiten Bohrung b versehen ist, an welche man nachmals hinten an der Rückseite des Verspündens ein gegen die Förste und bis nahe an dieselbe aufwärts gekrümmtes Rohr C, von ausgebohrtem Hollunder, oder besser, von Blech, ansteckt und eindichtet. Diese Vorrichtung dient, um nach völligem Verschlusse des Verspündens die dahinter durch das aufsteigende Wasser abgeschlossene Luft völlig austreiben und entweichen zu lassen, weil sonst der Druck dieser eingesperrten und zusammengepreßten Luft durch seine Ungleichförmigkeit weit stärker und nachtheiliger auf die Zerstörung des Verspündens hinarbeiten würde, als der des Wassers.

Nunmehr beginnt man das Verspünden auf der hinteren gewölbten

Seite zu verdichten. Hierzù wendet man zuerst Keile von weichem und zwar sehr glattem und feinjährigem gut ausgetrocknetem Fichtenholze an, zweischneidig, im Querschnitte, rechtwinklich auf die Länge, linsenförmig, vorn geschärft, 30 Zoll lang, oben $1\frac{1}{4}$ Zoll stark und 3 bis 4 Zoll breit.

Diese Keile d setzt man schräg und so einander deckend in einzelnen Reihen längs der Fugen, sowohl der Schichten als auch in diesen der einzelnen Hölzer, ringsherum an der Gesteinsfläche hin, so wie um die gußeiserne Fahrröhre herum, selbst drei- und vierfach. Für jeden einzelnen Keil wird mit einem meißelartigen Eisen vorgeschlagen, um ihn erst einsetzen und greifen zu lassen; auch werden dieselben vor dem Eintreiben mit Talg bestrichen.

Im Anfange des Verspreizens lassen sich die Keile 18 bis 24 Zoll tief, ja selbst noch mehr eintreiben, so wie aber das Holz dadurch nach und nach dichter zusammen gepreßt wird, so dringen sie immer weniger tief ein.

Sodann treibt man, so weit es möglich ist, zwischen diese weichen Keile nach oben so gestaltete harthölzerne, von 18 Zoll Länge, 1 Zoll Stärke und oben 2 — $2\frac{1}{2}$ Z. Breite, obschon dieselben eines theils wegen ihrer geringeren Elasticität, anderntheils wegen des größeren Widerstandes oft schon nach wenigen Schlägen abspringen.

Wollen endlich weder weiche noch harte Keile mehr eingehen, so treibt man nach Erfordern noch eiserne ebenfalls von etwa 18 Zoll Länge, 3 Z. Breite und 1 Z. Stärke ein, der Sicherheit halber besonders in die unterste Schicht über der Sohle hin.

Auf diese Weise werden wohl auf einen Flächenraum von 30 Quadratf. nach und nach bis auf 70 Schock hölzerner Keile angebracht.

Im Ganzen schreitet das Verkeilen von oben nach unten fort.

Da bei demselben eine fortwährende Wasserableitung durch das Verspünden auf die letztbezeichnete Weise hinderlich sein würde, so läßt man sie nur in Pausen stattfinden und nimmt in den Zwischenzeiten die den Sumpf mit der Bohrung verbindende Röhre weg, bis sich der erstere wieder ganz gefüllt hat, stößt dann die Röhre wieder an, läßt den Sumpf ganz ablaufen und verschließt ihn von neuem. Je größer der Fassungsraum des Sumpfes bei gleicher Größe des Wasserzudranges ist, desto seltener braucht er abgelassen zu werden, desto länger kann man jedes Mal ungestört fortarbeiten.

Nachdem das Verspünden auf diese Weise auf der ganzen hinteren Fläche verkeilt und dadurch wenigstens in und zunächst dieser Fläche so dicht geworden ist, daß die Fugen ganz verschwinden, bei'm Anschlagen der Klang ganz hell ist, so wird diese ganze Fläche noch mit einem Kitte überstrichen, der, vornehmlich der Wohlfeilheit halber, aus alter, abgeschabter Kunstschmiere (aus Pech, Seifensiederlauge, Seife und Leinöl bestehend), wird durch Erwärmen flüssig gemacht, sodann Theer und Kalk zugesetzt, worauf sie alsbald nach erfolgtem Auftragen erhärtet und eine feste Kruste bildet.

Zu noch mehrerer Befestigung und Verdichtung des Verspündens treibt man wohl auch an dessen hinterer Seite auf der Gesteinsohle ein vierkantiges Holz G, spreizenartig, mit 2 Z. Abstand von der hinteren Fläche, ein

und stopft diesen Zwischenraum o mit alten aufgedrehten, in dem eben bezeichneten Kitte getränkten Seilfäden dicht aus.

Nachdem jetzt erst das schon beschriebene gekrümmte Luftrohr an die betreffende Bohrung angestoßen, verdichtet und durch eine untergeschlagene Spreize 1 festgestellt worden, ist das Verspünden bis zum letzten Abschlusse fertig.

Behufs dieses wird für die untere bis jetzt für den Wasserabzug bestimmte Bohrung ein Spund g gefertigt. Derselbe ist von Rothbuchenholz, etwa 28 Zoll lang, zwar von demselben Zugange, wie der konische Theil der Bohrung, jedoch von so viel größerer Stärke an den Enden, daß ihn der Druck des Wassers nicht ganz in die Bohrung hinein oder gar durch sie hindurch zu pressen vermag. Am hinteren Ende ist er mit einem eisernen Ringe gebunden, sodann aber auf dieser Stirn ebenfalls so weit durch eingetriebene Holzkeile verdichtet, als nur dergleichen noch eingehen wollen.

Ein zweiter Spund 11 wird zum Verschlusse der Fahrröhre gefertigt; ebenfalls von Rothbuchenholz; er bekommt etwa 1 Elle 18 Zoll Länge, an der hintern Stirn 2½ Zoll mehr Durchmesser, als die hintere Mündung der Röhre, so daß er genau passend 1 Elle tief in letztere eingeht. Durch ihn ist der Achse nach eine 1½ Zoll starke eiserne Stange h getrieben, welche vorn in einen eisernen Haken 1, am hinteren Ende in eine Vollschraube endigt. In jeder Stirn ist um die Stange herum eine starke eiserne Stoßscheibe in das Holz eingelassen, in der dazu hergestellten Vertiefung aber vorher um die Stange herum mit Keilen und getheerten Hanffäden fest verdichtet, worauf man die darüber eingelegten Stoßscheiben durch Anziehen der Schraube, die eine unmittelbar, die andere mittelbar durch das Gestemme unter dem Haken fest andrückt.

Vor der hinteren Stirn ist der Spund mit den eisernen Ringen 1 von, von hinten her, allmählich abnehmender Breite und Stärke gebunden, davon der vorderste, schmalste etwa 8—9 Zoll vor der hintern Stirn liegt. Nach deren Anlegung wird die Stirn mit weichen 8—9 Zoll langen Holzkeilen verspreizt, welche in concentrischen Ringen einander deckend, eingesetzt werden; auf diese kommen harthölzerne Keile von gleicher Länge und in gleicher Weise gesetzt, zwischen welche endlich noch drei Kreise, 2½ Zoll langer, 1½ Zoll breiter und ½ Zoll starker eiserner kommen, deren man so viele einschlägt, bis sich ohne Anwendung übermäßiger Kraft keiner mehr treiben läßt.

In derjenigen Länge des Spundes, die bei dem Eintreiben, seinem Zugange nach, an das hintere Ende der Spundröhre zu liegen kommt, wird ringsherum in die Umfläche desselben eine 2½ Zoll breite, ½ Zoll tiefe ringförmige Vertiefung geschnitten, unter- und oberhalb desselben aber noch so viel von der Umfläche weggenommen, als die Stärke eines einfachen Leinwandstreifens beträgt. In jenen vertieften Ring legt man in Talg getränkte Hanffäden ein und stellt so einen etwa 1 Zoll hohen umlaufenden Wulst 1 her, den man in einen übergelegten breiten Leinwandstreifen faßt, dessen beide Ränder ober- und unterhalb des Wulstes, zufolge der bezeichneten Vorrichtung, in die Oberfläche versenkt und mit breitköpfigen Zwecken, ebenfalls nicht über die übrige Umfläche des Spundes hinausragen. So-

dann wird der Spund ringsherum erwärmt und stark mit Talg bestrichen, den man durch darüber hingeführte heiße Eisen flüssig erhält, was man so lange fortsetzt, als überhaupt das Holz noch dergleichen Talg aufnimmt.

Dieser Spund muß natürlich schon vorher hinter das Verspünden gebracht und vor Nässe und Unreinigkeit geschützt, aufbewahrt werden, bevor man ersteres durch das Einbringen der oberen Hölzer ganz verschließt.

Für das Einbringen dieses Spundes in die Fahrröhre legt man hinter das Verspünden söhlige Spreizen und auf diese, unmittelbar oder erst auf ein Bett von aufgenagelten Pfosten, eine Art Leitung aus zwei Stücken Stroßbaumholz, das Ganze in solcher Höhe, daß der Spund dadurch gerade die richtige Lage bekommt, in der er in die Röhre eingehen kann und soll.

Um endlich den Spund gehörig einziehen zu können, wird in etwa 2 Ellen Entfernung vor der vorderen Seite des Verspündens in der Achsenhöhe der Fahrröhre eine starke söhlige Spreize geschlagen, gegen die man eine Kunstwinde stemmen und mittelst letzterer und einer in den Haken am Spunde eingehängten starken Schurzkette den Spund kräftig in die Röhre ziehen kann.

Nachdem nun der kleinere Spund in die untere Bohrung für den Wasserzug geschlagen, der Hauptspund auf seine Leitung gebracht und auf dieser so weit zurückgeschoben worden ist, daß die Arbeiter durch die Fahrröhre hinauskriechen können, wird die Schurzkelle angehängt, worauf die damit noch beschäftigt gewesenen Arbeiter ihren Rückzug durch die Fahrröhre nehmen, und sodann mittelst der Winde jenen Spund so stark einziehen, als sie vermögen, und bis dessen Wulst in und an der hinteren Röhrenmündung abschließt.

Nunmehr überläßt man das Verspünden sich selbst, bis das dahinter aufsteigende Wasser durch das Luftrohr abläuft; ein Zeichen, daß es alle hinter ersterem abgesperrte Luft ausgetrieben hat. Nun wird auch in diese Bohrung ein hölzerner Spund eingeschlagen, natürlich von vorn; indeß kann dieß hier, wegen des kleineren Querschnitts und sonach geringeren Druckes auf solchen, fest genug erfolgen, auch läßt sich äußersten Falles noch eine Spreize davor anbringen.

Ist endlich ein hinreichender Zeitraum verflossen, daß man annehmen kann, daß nunmehr das Wasser auf seine ganze mögliche Druckhöhe aufgespannt ist, und darauf das Verspünden wirkt, so schreitet man zum Verkeilen. Dieß kann einestheils aus dem Grunde erst jetzt geschehen, weil man dasselbe, so weit möglich, nur auf diejenigen Stellen beschränkt, an denen Wasser herausdringt — was wegen der großen Druckhöhe häufig in feinster Dunstform erfolgt — anderntheils, weil ohne den Gegendruck des dahinter aufgespannten Wassers das Verspünden durch das Verkeilen leicht rückwärts gedrängt werden könnte.

Uebrigens erfolgt dieses Verkeilen ganz auf dieselbe Weise, wie auf der hinteren Seite, durch weich- und harthölzerne, endlich durch eiserne Keile.

Wird diese Arbeit, wie die früheren, vollständig und gut ausgeführt, so bleibt zuletzt höchstens nur noch ein sehr geringer Wasserdurchgang in feinster Nebelform übrig, dessen wahre Austrittspunkte man nicht bemerken

kann, der aber nicht durch die Fugen, sondern durch das Holz selbst und zwar die weicheren Jahresringe stattfindet, indem auch der Hauptspund durch das Wasser selbst immer fester und dichter abgeschlossen wird.

Nunmehr ist das Verspünden als beendigt anzusehen.

Im Uebrigen ist noch zu erwähnen daß meist schon bei dem ersten Beginne der Vorarbeiten des Einbaues auf eine künstliche Wetterversorgung gedacht werden muß; denn da schon an und für sich auf einer solchen zu verspündenden, mit dem Orte anstehenden und mit keinem anderen Baue jenseits des Lagerungspunktes durchschlägigen Strecke der natürliche Wetterzug nur gering zu sein pflegt, so wird letzterer durch den fortgesetzten Aufenthalt einer größern Anzahl von Menschen, als gewöhnlich, noch mehr endlich durch den Einbau des Verspündens selbst für die dahinter Arbeitenden immer weniger genügend. Meistens reicht es hin, einen großen Schmiedeblasebalg an dem Anfange oder überhaupt einem solchen Punkte der Strecke aufzustellen, wo noch frischer Wetterzug stattfindet, und von ihm aus die Wetter durch Lutten nach dem Arbeitsraume zu führen.

Aber selbst abgesehen von diesem Umstande, gehört die Herstellung eines Verspündens nicht nur zu den beschwerlichsten, sondern auch denjenigen Arbeiten, welche die allergrößte Umsicht und Genauigkeit erfordern, da begangene Mißgriffe oder mindere Genauigkeit erst nach der Vollendung bemerklich werden, im günstigen Falle nur theilweis wieder gut zu machen sind, im weniger günstigen ein völliges Wegreißen und Neuanlegen nothwendig machen.

Wie schon oben bemerkt worden, hat man bis jetzt dergleichen Verspünden bei dem sächsischen und hier wieder vornehmlich bei dem Freiberger Bergbaue, in ihren Dimensionen nach dem Anhalten der Ergebnisse der zuerst angelegten eingerichtet, jedoch schon bei dem neuesten auf Churprinz Friedrich August Erbst. auf der 7. Gezeugstrecke in Morgen eingebauten, die Erfahrung gemacht, daß man sich bei solchem Drucke mit den, den oben angegebenen entsprechenden Dimensionen schon an der Grenze eines genügenden Erfolges befand, indem dasselbe vom 14. August 1835 bis zum 20. November 1837, also in 746 Tagen, um $25\frac{7}{8}$ Zoll, von da an bis in die 11te Woche, Quartal Trinitatis 1839, also in etwa 506 Tagen, aber nur um 3 Zoll weiter vorwärts geschoben ist; obschon nicht unerwähnt bleiben darf, daß bei diesem, wegen der Dringlichkeit des Einbaues, keineswegs Holz von der möglichsten Trockenheit angewendet worden war.

Einem solchen Fortschieben im Ganzen kann aber vorgebeugt werden:

1) Durch Verminderung des kleinen Halbmessers von 2 bis 4 Fuß für einen gleich großen Querschnitt, sonach durch Vergrößerung des Centriwinkels und Verstärkung des Zuganges, der Keilform.

2) Durch Verlängerung des Zuführens der Umfläche der Strecke für das Verspünden, nach jener Keilform, gegen den Mittelpunkt hin, um 2 bis 3 Fuß über die innere Fläche des Verspündens hinaus, wodurch, wenn selbst das Verspünden fortgeschoben werden sollte, dasselbe, so fern es übrigens stark genug ist, endlich in einen noch kleineren Raum zusammengedrückt werden müßte, als selbst seine kleinste Fläche einnimmt, während es

gegenwärtig über den Querschnitt der letzteren hinausgeschoben, in einem der Hauptsache nach gleich großen bleibt, daher wenigstens in diesem durchgeschobenen Theile einem weiteren Zusammendrücken nicht, sondern nur in dem übrigen, hinteren Theile unterliegt, wodurch der Widerstand nicht größer, sondern eher kleiner wird.

Von Allem aber werden noch genauere Versuche über die Zusammendrückbarkeit mehrerer Holzarten, wenigstens der gewöhnlich angewendeten, sowohl die absolute als auch über das Verhältniß anzustellen sein, in welchem die Zusammendrückung zu dem wirkenden Drucke steht; Versuche, welche, die oben erwähnten früheren zu vervollständigen und zu ergänzen, auch schon für die nächste Zeit anzustellen beabsichtigt sind.

Horizontale Dämme (plates-cuves). Sehr häufig ist es erforderlich, in saigern Schächten Dämme gegen die Wasser vorzurichten. Giebt man z. B. Schächte auf, welche im wasserreichen Gebirge abgesunken und dann wasserdicht verzimmert worden sind, so muß man, will man die Kosten einer fortwährenden Unterhaltung der Cuvelirung sparen, unterhalb des wasserreichen Gebirges ein Gewölbe oder einen Damm anbringen, der für das Wasser undurchdringlich und gewissermaßen auch unzerstörbar ist, auf den man auch oft Berge stürzt, um den obern Theil des Schachtes auszufüllen. Man nennt diese Art von Dämmen im nördlichen Frankreich und im Lüttichschen plates-cuves; sie können aus Holz, aus Ziegelstein- und aus Quadersteinmauerung ausgeführt werden. Für die hölzernen ist die einzig zweckmäßige Gestalt die sphärische. In runden oder elliptischen Schachten ruht der Damm auf einer konisch zugeführten Oberfläche, deren Scheitel in den Mittelpunkt der Kugel fällt. Diese Brust muß in einer festen Schicht, unter dem Keilkranze der darüber befindlichen wasserdichten Zimmerung zugeführt werden. Dürfte man fürchten, daß diese erschüttert werden würde, so müßte man die Keilkränze und Picotagejöcher durch eiserne Stangen mit den obern Keilkränzen verbinden, oder sie mittelst jener Stangen an starken Rüstbäumen, die über die Schachtöffnung gelegt werden, aufhängen. Die dem Gesteine zunächst liegenden Theile des Dammes müssen so zugehauen sein, daß sie mit einer ihrer Flächen genau auf die konische Oberfläche passen, während die übrigen Flächen Ebenen sind, welche durch den Mittelpunkt der Kugel gehen.

Balkendamm in dem Padtkohls-Kunstschachte der Centrumgrube bei Eschweiler. Im Allgemeinen können Dämme auf dieselbe Weise quer durch einen Schacht geschlagen werden, wie quer durch eine Strecke; nur würden dieselben in diesem Falle eine söhlige Lage erhalten, während sie in Strecken immer senkrecht stehen. Die Nothwendigkeit einer solchen Verdämmung in Schächten tritt ein, wenn in dem tieferen Theile derselben Wasserzugänge erschroten worden sind, die nicht fortdauernd gehalten werden sollen. Sind sie in Lagerstätten gefunden, so muß der Bau auf denselben aufgegeben werden; sind sie aber erst aus deren Liegenden erhalten worden, so kann auch der Bau auf denselben fortgesetzt werden. Dieser Fall trat auf der Steinkohlengrube Centrum bei Eschweiler in dem Inde-Revier ein. Als der Padtkohls-Kunstschacht, im Liegenden des tief-

sten Flötzes (Padtkohl) dieser Grube, im Jahre 1807 unter der 54½ Lachter unter dem Stollen befindlichen Sohle abgeteuft werden sollte, war man kaum 2 Lachter tief niedergekommen, als sehr starke Wasserzugänge angehauen wurden. Diese Wasser hat man bisher in den Bauen gehabt, sie waren ganz süß, während die übrigen Gruben etwas vitriolisch sind, und rührten wahrscheinlich vom Tage aus den Kunstgraben her. Der Zustand der Wasserhaltung dieser Gruben machte den Versuch nothwendig, diese Wasser wieder abzusperren, und dieß konnte nur allein durch einen horizontalen Damm (in Lüttich plate-cuve genannt) geschehen, der in dem Padtkohls-Kunstschachte unter dem Padtkohlflötze eingebaut wurde; dadurch wurde in Bezug auf diese neu angehauenen Wasser dasjenige Verhältniß wieder hergestellt, welches vor dem weiteren Abteufen des Schachtes bestanden hatte.

Dieser Damm wurde von Arbeitern aus Lüttich ausgeführt und wie die nachfolgenden, von dem Herrn Director Gräser mitgetheilten Notizen zeigen, unterscheidet sich derselbe nicht wesentlich von den Balkendämmen, wie sie auf den Lütticher Kohlengruben in den Querschlägen eingerichtet werden, nur so weit, als dieß durch die Lage im Schachte bedingt wird. Die Schachtstöße werden ringsum so zugeführt, daß sie sich nach unten hin schräg erweitern und hier eine Brust bilden, auf der die Balken während der Arbeit und ehe sie gegen das Gestein fest angetrieben sind, aufruhen können. Diese Brust wurde in der Mitte des einen Schachtstoßes und in der Breite der Balken ganz weggehauen, weil es sonst unmöglich ist, den Schlußbalken einzubringen; ja es würde ohne eine solche Erweiterung selbst seine Schwierigkeiten haben, die übrigen Balken in dem zugeführten Raume in die ihnen bestimmten Stellen zu bringen. Die Erweiterung des Zuführungsraumes beträgt auf die Höhe von 19½ Z., welche der Stärke des Dammes entspricht, in jedem Stoße 1¾ Z. Dieselbe muß so gering, als möglich, gehalten werden, weil das Gestein um so eher ausbricht, je weiter sich die einander gegenüber stehenden Stöße des Zuführungsraumes von der parallelen Lage entfernen. Die Balken von Buchenholz wurden zwar genau passend nach diesem Raume bearbeitet, jedoch so, daß sie an den Köpfen etwas schiefer zugeschnitten waren, als die Schrägung des Zuführungsraumes, und daher eine Fuge an den Stößen entsteht, welche sich nach der trockenen Seite hin öffnet und die, zur Verdichtung bestimmte Verkeilung aufzunehmen bestimmt ist. Fig. 16, Taf. XV.

Der Schacht ist quadratisch, 6⅔ F. lang und weit, daher es gleichgültig war, nach welchem Stoße die Balken gelegt wurden; es ist aber allgemeine Regel, dieselben dem kurzen Stoße parallel zu legen, die auch so einfach aus den Verhältnissen folgt, daß es nur auffallend sein kann, dieselbe bei den ähnlichen Dämmen in Querschlägen nicht immer beobachtet zu finden.

Diejenigen Balken, welche mit ihren langen Seiten in die Stöße zu liegen kommen, sind hier dem abgeschrägten Zuführungsraume entsprechend gearbeitet (Fig. 17). Zwischen denselben und dem Gesteine, so wie auch zwischen ihnen selbst werden dünne Lagen von ganz besonders gereinigtem und fein gezupftem Moos gelegt. Sie werden in den erweiterten Zuführungsraum eingehängt und dann horizontal über der Brust eingeschoben,

von beiden Stößen nach der Mitte hin. In einem der Balken befindet sich ein Loch, worauf die Pumpe gestellt wird, mit der die Wasser dem tiefsten Satze zugehoben werden. Der Schlußbalken war auf der oberen Seite mit einem sehr starken eisernen Haken versehen und wurde mit daran befestigten Säulen und Hebezeugen in seine richtige Lage hineingezogen und darin erhalten, während die Verkeilung mit flachen Keilen von weichem Holze und zuletzt mit quadratischen Keilen von Eichenholz auf die mehrfach beschriebene Art und Weise zwischen den Stößen und den langen Seiten der Balken, in den Balkenfugen und dann erst zwischen den Stufen und den Enden der Balken, ausgeführt wurde. Die Handpumpe wird herausgenommen und das Loch derselben verspundet und ebenfalls verkeilt.

Sobald das Wasser gegen den Damm drückte, zeigten sich noch feine Oeffnungen, die verkeilt wurden; man hatte beabsichtigt, über den Damm eine Verspreizung anzubringen, weil die Balken, bei einer Länge von 7 F., auf ihrer unteren Seite nicht genügten, dem hierauf lastenden Druck von 1,175,000 pr. Pfd. allein zu widerstehen. Man hatte aber auch nicht erwartet, daß die Wasser gegen denselben sobald diesen Druck ausüben würden, und daher die Anbringung dieser Verspreizung verzögert. Allein die Balken bogen sich dergestalt, daß sie undicht wurden, daß der Spund geöffnet und die Wasser nochmals abgelassen werden mußten, um die Verkeilung von neuem verdichten zu können. Die Verspreizung wurde alsdann gleich nach dem Schließen des Dammes angebracht, und so hat sich dieselbe noch bis jetzt erhalten, und leistet wahrscheinlich noch ihre Dienste. Die durch den Damm hindurch dringenden Wasser sind unbedeutend; es ist aber auch nicht zu ermitteln, ob dieselben wirklich bis zur Stollensohle angespannt sind.

Horizontaler Damm von Ziegelsteinen im französischen Norddepartement. In der Gegend von Valenciennes richtet man in den sogen. Dièves unterhalb des untersten Picotagekranzes von der wasserdichten Verzimmerung zwei halbkugelige Gewölbe von Ziegelsteinmauerung und hydraulischem Mörtel vor; Fig. 9, Taf. XVI. zeigt eine solche Construction. Um das untere Gewölbe herzustellen, nimmt man einen Theil des Ausbaues unter der Cuvelirung weg und führt eine Kuppel von Ziegelsteinen auf, welche zum Theil auf dem untern Ausbaue und zum Theil auf dem Gesteine der Schachtstöße aufruht. Ueber diesem ersten Gewölbe mauert man den Schacht wieder aus, jedoch weit stärker und führt diese Mauerung bis auf eine geringe Entfernung von dem Ruhepunkte der wasserdichten Zimmerung auf. Man nimmt dort die alte Mauerung weg und hält die Cuvelirung an eisernen Stangen, die einen rechteckigen Rahmen tragen, auf den andern Rahmen dergestalt liegen, daß sie gegen den vieleckigen Picotagekranz treten, der die Basis der Cuvelirung bildet. Fig. 10 und 11, Taf. XVI. stellen den untern Rahm und die quadratischen Rähme dar, welche so über einander liegen, daß sie eine achteckige Oeffnung bilden. Man nimmt so viel aus dem Schachte weg, daß man um die Kuppel, welche unmittelbar auf dem Schachte befindlich ist, ein zweites ringförmiges Gewölbe stellen kann, dessen Bogen $\frac{1}{4}$ Kreis ist, der in einer Ebene liegt, welche durch die Achse des Schachtes biegt, Fig. 1, Taf. XVI. Die untere Seite dieses

Gewölbes ist mit Ziegelsteinmauerung ausgefüllt. Man sieht in Fig. 1 und 1 (c) eine Röhre, welche zum Abflusse des Wassers dient, welches während der Arbeit oben durchsickert. Das Gewölbe ist mit einer dicken Schicht von hydraulischem Mörter bedeckt. Die hier beschriebe Construction ist sehr zweckmäßig für Gebirgsarten, welche dem bedeutenden Drucke, die ein sphärischer Damm von behauenen Steinen auf die Zubrüstung in denselben ausübt, weichen würden. Man sieht, daß die Kuppel hier hauptsächlich auf dem oberen gemauerten Thurme ruht.

Müßte man eine sehr hohe Wassersäule tragen, so würde ein Kugelgewölbe von behauenen Steinen ohne Zweifel die zweckmäßigste Construction sein; jedoch müßten die Steine mit großer Sorgfalt zugerichtet werden, und dann würde es auch zweckmäßiger sein, die Fugen nicht mit Mörtel zu versehen, sondern Bleiplatten dazwischen zu legen. Da dieß Metall weich und dehnbar ist, so würde es sich in die kleinen Vertiefungen eindrücken, die auf den zusammentretenden Flächen der Steine bleiben, und es würde durchaus kein Wasser hindurchdringen können. Kann das Gewölbe auf festes, dem Drucke nicht weichendes Gestein gesetzt werden, so kann man die Widerlagen auf dieses Gestein zuführen. Giebt aber das Gebirge dem Drucke nach, so muß das in der Gegend von Valenciennes angewendete Verfahren befolgt werden, indem man zwei Kugelgewölbe errichtet, die weit von einander entfernt liegen. Das untere, nach einer halben Kugel construirte Gewölbe stützt sich zum Theil auf die Ausmauerung des Schachtes und zum Theil auf das Gestein. Darüber muß ein sehr starker Thurm aufgemauert werden, auf den man auch ein halbkugeliges Gewölbe setzt, auf den eine Masse von Mörtel gegossen wird, welche den ganzen Raum zwischen dem Gewölbe und den Schachtstößen ausfüllt.

Soll auf einer Strecke, die in einem milden, dem Drucke weichenden Gestein, wie Schieferthon, Mergel und Thon, getrieben worden ist, ein Damm vorgerichtet werden, so müßte dieselbe vor dem Damme mit einer vollständigen starken Mauerung versehen werden, die sich auf eine ziemliche Länge ausdehnt.

Das Verdämmen von saigern Schächten, die im festen Gestein abgeteuft sind. — In Belgien und im nördlichen Frankreich geschieht das Verdämmen oder die Abdammung der Wasser (cuvelage) mit Eichenholz; in den Steinkohlengruben des nördlichen Englands besteht sie aus Holz, häufig aber auch aus Gußeisen; in verschiedenen andern Grafschaften Englands bewirkt man sie auch durch eine Ziegelsteinmauerung mit einem guten Wassermörtel oder mit römischem Cement.

Unter welchen Umständen die Abdämmung angewendet wird. Eben so wie auf die Zurückhaltung der Wasser gleich bei dem Absinken der Schachte in wasserreichen Schichten Bedacht genommen wird, so sucht man dieselben auch in Schachten, nach deren Vollendung, und besonders in dem Kohlengebirge selbst, abzudämmen. Die Schichten desselben sind theils so klüftig und von so poröser Beschaffenheit, daß sie die Wasser fallen lassen, wie die meisten Sandsteinlagen, theils geschlossen und dicht, so daß die Wasser theilweise oder gänzlich zurückgehalten werden; auch kommen

Gesteinscheiden zwischen ziemlich wasserhaltenden Bänken vor, welche großen Wasserquantitäten zur Fortleitung dienen. Diese Schichten stehen an ihrem Ausgehenden mit ihrer Oberfläche, mit den Bächen und Flüssen in Verbindung, und diejenigen, welche vom Wasser durchdrungen werden oder klüftig sind, führen daher einem Schachte, der sie in größerer oder geringerer Teufe durchschneidet, verhältnißmäßig große Wassermengen zu. Liegen zwischen diesen Schichten und dem vom Schachte aus abzubauenden Flötze ziemlich mächtige, die Wasser zurückhaltende Schieferthonlagen, und so weit von diesen entfernt, daß sie bei dem nachfolgenden Abbaue ganz bleiben und nicht zu Bruche gehen: so läßt sich mit großem Vortheil eine Abdämmung des Schachtes anbringen. Ist der Schacht selbst von einer solchen dichten Schicht wasserhaltig, bis zum natürlichen Niveau der Wasser, gemacht, so werden die untern Flötze gänzlich abgebauet werden können, ohne daß es nöthig ist, die Wasser, welche von der obern Schicht eingesaugt werden, fortdauernd zu heben. Die Wasserhaltung wird sich daher nur auf diejenigen Wasser zu erstrecken brauchen, welche am Ausgehenden der Kohlenflötze selbst, derjenigen Schichten, welche zu Bruch gebauet werden, woraus eine sehr wesentliche Erleichterung für die gesammte Wasserhaltung entsteht. Dieses Verhalten ist aber nur da anwendbar und Vortheil bringend, wo in einer sehr großen Tiefe nicht sehr mächtige Flötze, die noch dazu ein ziemlich schwaches Fallen haben müssen, abgebauet werden sollen. Unter solchen Verhältnissen bedient man sich auch in Lüttich dieser Methode, die Wasserhaltung tiefer Gruben zu erleichtern *), und sie ist auf den tiefen Kohlengruben in Northumberland, Cumberland und Durham ganz allgemein in Anwendung. In ihrem Principe stimmt sie ganz mit der Abdämmungsarbeit überein, welche in den Gruben zu Valenciennes in Anwendung kommt (picotage und cuvelage), und hat damit auch bisweilen viele Aehnlichkeit, wenn sie durch ganze Schrotzimmerung von Eichenholz hergestellt wird. Gewöhnlich wird dieß Abdämmen aber durch hölzerne oder gußeiserne Cylinder, wie bei'm Senken, wovon an einem andern Orte die Rede sein wird, hergestellt.

Während des Abteufens im Kohlengebirge werden die Wasserzuflüsse im Schachte sorgfältig an denjenigen Punkten, wo sie hervortreten, gemessen, um sich über die Beschaffenheit derselben und über ihr Gleichbleiben oder Abnehmen Gewißheit zu verschaffen. Die Zuflüsse abzudämmen, welche schon während des fortgehenden Abdämmens sich vermindern, würde zwecklos sein, da sie entweder ganz ablaufen, oder an andern Stellen wieder hervortreten.

Allgemeines Verfahren bei'm Abdämmen. Das Abdämmen muß immer in einer wasserhaltenden Schicht angefangen werden. Die Stärke der anzuwendenden Materialien richtet sich nach der Höhe des Wasserdrucks; dieser muß immer von dem Anfangspunkte der Verdämmung bis zu Tage gerechnet werden. Der Schacht wird so weit, als die Verdämmung reichen soll, erweitert; für hölzerne Cylinder am meisten, für gußeiserne am wenigsten. Der Absatz der Erweiterung wird oben und unten so

---

*) Karsten's Archiv, 1. Reihe, Bd. X, S. 125.

genau als möglich, mit Schlägel und Eisen zugeführt, wozu man besonders recht geschlossene dichte Schichten aussucht. Auf dem untern Absatze der Erweiterung wird eine Lage von Werg, oder von dünnen, sehr reinen fichtenen Brettern gelegt, die mit ihren Längenfasern dem Radius parallel, mit der Stirn nach dem Innern des Schachtes sehen. Hierauf wird der Keilkranz (Keiljoch, Picotagejoch, wedging crib, engl.) gelegt, welcher aus einzelnen genau nach dem Radius gearbeiteten, 10 Zoll starken und 6 Zoll hohen Stücken Eichenholz besteht. Um dieselben recht bündig zu machen, werden dünne Brettchen mit der Stirn nach dem Innern des Schachtes dazwischen gelegt. Der Raum hinter dem Kranze bis an das Gestein, von etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll Breite, wird mit ähnlichen, stirnweise gelegten Brettern ausgefüllt und dann werden Keile eingetrieben. Zu dem Ende macht man mit einer stählernen Spitze Oeffnungen in die Holzmasse und treibt Keile in dieselbe, welche Arbeit man so lange fortsetzt, als es noch möglich ist, solche Oeffnungen darin zu erzwingen. Durch eine solche Verkeilung dringt kein Wasser der Tiefe zu. In einer Höhe von 10 bis 12 Fuß über diesem verkeilten Kranze wird ein anderer schwächerer gelegt, der nur zur Befestigung der Verdämmungsbohlen dient, Nagelkranz (spiking crib, engl.) genannt. Die Verdämmungsbohlen, von 3 Zoll Stärke, 6 Z. Breite, werden auf dünnen Brettchen auf den untern Kranz aufgesetzt, dicht zusammengedrückt, schließen wie ein Faß und werden an den obern Kranz fest genagelt. Die beiden zuletzt eingesetzten Bohlen sind nicht nach dem Radius gearbeitet, sondern so, daß eine gerade zugerichtete Bohle hineingetrieben werden kann. Die Brettchen unter diesen Bohlen werden alsdann festgekeilt, eben so die in den Wechseln des untern Kranzes liegenden, und nun die innern Kränze angebracht, welche den Verdämmungsbohlen erst Festigkeit gewähren. Der unterste derselben wird unmittelbar auf den verkeilten Kranz aufgesetzt. Die Entfernung dieser Hauptkränze von einander richtet sich nach dem Wasserdrucke. Zu unterst liegen sie am nächsten. Die Bohlen werden genau in der Mitte der Stärke des obern Kranzes abgeschnitten, um den nächst folgenden Umgang darauf zu setzen. Auf diese Weise wird die Schicht entweder bis zu der nächst obern wasserhaltenden Schicht, oder bis zu dem natürlichen Wasserniveau herauf abgedämmt. Im ersten Falle wird auch gegen den obern Rand der Erweiterung ein verkeilter Kranz angebracht, welcher dieselben Dienste, wie der untere, leistet und eine wasserdichte Verbindung zwischen dem obern Gesteine und der darunter folgenden Zimmerung hervorzubringen bestimmt ist. Während der Arbeit läßt man in dem untern Kranze ein Loch zum freien Abflusse der Wasser in den Schacht, damit dieselben die Abdämmung nicht hindern. Nach der Vollendung wird dieß zugepflöckt, und die Wassersäule geht nun hinter der Zimmerung auf. Das Knacken des Holzes giebt den Druck zu erkennen, der darauf zu wirken beginnt; feine Wasserstrahlen zeigen sich durch die Fugen dringend, hören aber auf, wenn das Holz quillt. Ein Kalfatern der Zimmerung, wie zu Valenciennes *), wird gewöhnlich nicht angewendet.

*) Karsten's Archiv, 1. Reihe, Bd. IX, S. 209—215.

Der innere Raum des Schachtes wird nun mit $1\frac{1}{4}$zölligen Brettern verbohnt, welche an den Hauptkränzen angenagelt werden, und diese sowohl gegen Beschädigungen schützen, als auch den weitern Gebrauch des Schachtes durch Herstellung geraden Stoßes erleichtern.

Beschreibung des wasserführenden Gebirges über der Steinkohlenformation im französischen Norddepartement. Im Hangenden des Steinkohlengebirgs der genannten Gegend kommt Kreide und unteres tertiäres Gebirge vor. Die Mächtigkeit desselben beträgt 30 bis 100 und selbst bis 150 Meter; häufig 60 Met., wie die Fig. 7. zeigt.

Der unmittelbar unter der Dammerde vorkommende Sand ist nur in deren Nähe lose und wird in geringer Tiefe fest. Die abwechselnden Schichten von Mergel mit oder ohne Thon, welche unter diesem Sande abgelagert sind, sind eben so wenig lose. Sie müssen mit der Keilhaue gewonnen werden und stehen leicht auf einer ziemlich bedeutenden Höhe, wenn sie mit einer leichten Zimmerung versehen werden. Die darunter folgende mächtige Thonbank ist undurchdringlich für die Wasser und ist von dem Steinkohlengebirge nur durch ein Conglomerat, von den dortigen Bergleuten Tourtia genannt, getrennt. Gewöhnlich ist diese Schicht fest und führt keine Wasser, allein an manchen Orten ist sie durch einen ganz losen Sand ersetzt, der dann auch wasserführend ist. Im erstern, gewöhnlichern Falle werden die Keiljoche in den untern Schichten der Kreide angebracht, wenn dieselben nicht zerklüftet sind und kein Wasser enthalten, oder in dem obern Theile des grünen Thons, welche alle obern Wasser aufhält. Wenn die feste Tourtia durch losen, wasserführenden Sand ersetzt ist, so muß eine zweite Abdämmung in demselben angebracht werden, deren Keiljoch in dem Steinkohlengebirge selbst und deren oberster Kranz in dem Thone über dem Sande angebracht wird. Die Herstellung dieser zweiten Abdämmung ist schwieriger, als die der ersten, indem der Sand sehr schwimmend ist. Wir beschreiben zuvörderst die dann angewendete Methode, wenn die Tourtia fest und trocken ist.

Die Cuvelage im Norddepartement. Der innere Durchschnitt eines mit Abdämmung versehenen Schachtes ist gewöhnlich ein regelmäßiges Zehneck von ungefähr 3 Met. Durchmesser (des umschreibenden Kreises). Die Cuvelage besteht aus auf einander gelegten zehneckigen Kränzen, die auf ihren Flächen gehörig abgehobelt worden sind. Die Stärke eines und desselben Kranzes sind nicht an einander gefügt, sondern nur neben einander gelegt. Die Höhe eines Kranzes beträgt je nach den Dimensionen des dazu benutzten Holzes 0,25 bis 0,50 Met. (9 bis 17 Zoll). Die Stärke ist nach dem Drucke des Wassers und daher nach der Tiefe, in welcher das Joch angebracht werden soll, verschieden. Die im Norddepartement befolgte, auf der Erfahrung beruhende Regel ist die folgende:

Die Stärke des Holzes beträgt:

von 0 bis 15 Met. Tiefe unter Tage	0,11 Met.
= 15 = 30 = = = =	0,12 =
= 30 = 40 = = = =	0,13 =
= 40 = 50 = = = =	0,14 =

von 50 bis 55 Met. Tiefe unter Tage 0,15 Met.
= 55 = 60 = = = = 0,16 =

Das Holz muß ganz gesund, ohne Aeste und Risse und gänzlich entborkt sein. Die Kränze werden über Tage zugerichtet, durch Tischler auf einer großen Tafel an einander gefügt, numerirt und zwei über einander liegende Stücke, das eine mit zwei konischen Pflöcken und das andere mit zwei konischen Löchern versehen. Im Schachte werden die Kränze in derselben Ordnung an einander gelegt, wie sie über Tage an einander gefügt wurden.

Die Stücke des untersten Kranzes (Tragekranzes) haben dieselbe Form, als die übrigen; allein sie sind 0,20 bis 0,22 Met. hoch, und ihre stets bedeutendere Stärke beträgt 0,22 bis 0,26 Met., je nachdem sie 30 oder 60 Met. unter Tage liegen. In noch größern Tiefen macht man diese Keilkränze noch stärker.

Das angewendete Eichenholz ist erst 3 oder 4 Monate vorher geschlagen und ist daher noch frisch.

Hr. Ingen. Turbert nimmt an, daß zu 1 Kubikm. geschnittenem Holze, so daß es zur Abdämmung gebraucht werden könne, 1,7 C. M. rohes Eichenholz erforderlich sei. Das Kubikmeter von dem letztern kostet etwa 90 Fr. im Norddepartement, so daß die Kosten des Holzes zu 1 C. M. der zugerichteten Stücke fast 153 Fr. betragen. Das Zerschneiden der Bäume zu den starken Bohlen kostet das Kubikm. 7,50 Fr., und die Tischler werden für das Zurichten des Holzes für das laufende Met. und 1 Centim. Stärke mit 1 Fr. bezahlt.

Ehe man das Schachtabteufen beginnt, legt man auf die Oberfläche zwei, etwa 12 Met. lange und 0,30 Met. starke Rüstbäume, parallel und in gleicher Entfernung von der Schachtachse. Darauf legt man zwei andere, senkrecht auf die erstern und in gleicher Entfernung von der Achse des Schachtes, so daß der innere, von diesen 4 Bäumen umschlossene Raum ein Quadrat oder ein Rechteck ist, welches für einen mit Abdämmung zu versehenden Schacht, deren Zehneck 2,90 Met. im Durchmesser hat, 3,15 und 3 Met. beträgt. Um der Rüstung mehr Auflagerungsfläche zu geben, welches bei der völligen Beschaffenheit des Sandes unter der Dammerde erforderlich ist, schiebt man unter die überstehenden Enden der Rüstbäume 3,75 Met. lange und 0,03 Zoll starke Bohlen.

Man beginnt nun in dem Innern des Rechtecks das Abteufen des Schachtes, welches mit Hülfe einer verlornen Zimmerung oder selbst mit Getriebe geschehen muß, bis man zu dem festen Sande gelangt ist. Man legt zu dem Ende von Meter zu Meter rechtwinklige Geviere lothrecht über einander, ladet hinter ihnen mit Brettern aus und nagelt Latten auf die Fugen derselben, um das Durchfallen des Sandes zu verhüten. Ist man 2 bis 3 Meter tief in den festen Sand gelangt, so schreitet man zum Abdämmen des obern Theils von dem Schachte.

Zu dem Ende wird ein Kranz von der Form eines gleichseitigen Zehnecks mit seinem Mittelpunkte genau in den Mittelpunkt des Schachtes, zwischen die Rüstbäume gelegt und in jeden Winkel desselben ein Loth ange=

hängt, welche bis auf die Schachtsohle reichen. Diese Lothe bestimmen die Winkel der Kränze und dienen den Arbeitern als Anhaltspunkte, um in dem festen Grünsande dem Schachte eine zehneckige Form zu geben. An einem möglichst festen und sehr eben gemachten Punkte werden alsdann die einzelnen Theile des Tragekranzes (hier trousse) gelegt und durch Keile, welche man zwischen ihnen und den Schachtstößen eintreibt, zu einem geschlossenen Ganzen zusammen getrieben. Das Verkeilen muß von allen Seiten sehr gleichförmig geschehen, und die vorstehenden Köpfe der Keile werden sehr gleich abgemeißelt und mit dem Hobel abgeschlichtet, so daß oben eine sehr ebene Fläche erscheint. Das Verkeilen, hier colletage genannt, muß aber so lange fortgesetzt werden, als nur noch irgend ein Keil anzubringen ist. Die Keile bestehen aus sehr trocknem weichen Holze; sie sind etwa 0,22 Met. lang, 0,08 Met. breit und am Kopfe 0,02 Met. stark. Das Eintreiben der Keile geschieht abwechselnd von oben nieder oder von unten herauf. Die senkrechten Fugen des Kranzes sind nun undurchdringlich geworden; allein die Verkeilung bildet keine so feste Masse, als daß nicht Wasser in dieselbe und zwischen ihr und dem Gebirge eindringen sollte. Auf die sehr ebene Oberfläche des Kranzes und seiner Verkeilung wird nun ein zweiter Kranz (trousse picotée, Keilkranz genannt) gelegt, welcher noch sorgfältiger mit den Stößen verkeilt werden muß, als der erste oder Tragekranz (trousse colletée), welcher jenem nur zur Unterlage dient.

Die Stücke dieses zweiten Kranzes haben übrigens dieselben Dimensionen, wie die des ersten, d. h. sie sind 0,22 Met. dick. Hinter jedes Stück wird ein Brettchen von trocknem weichen Holze (lambourde) gelegt, die 0,02 Met. dick und, gleich dem Kranze, 0,22 Met. hoch sind. Die zehn ähnlichen Brettchen, welche gegen die äußern Flächen des Kranzes gelegt sind und sich mit ihren Enden berühren, werden vorläufig mit hölzernen Keilen in ihrer Lage erhalten, indem man solche zwischen dieselben und die Schachtstöße eintreibt. In den leeren Raum wird Moos, welches von Sand und erdigen Theilen frei ist, mit hölzernen Keilen fest eingestampft, und die Keile werden nach und nach weggenommen und auch durch Moos ersetzt.

Ist dieß geschehen, so entfernt man die Brettchen von dem Kranze, indem man an den Enden der Seiten des letztern Keile von weichem Holze eintreibt und dann den ganzen leeren Raum damit ausfüllt. Das Moos wird dadurch sehr stark zusammengedrückt und genöthigt, in alle kleinen Vertiefungen des Gesteins in den Stößen einzudringen. Nachdem man keinen Keil mehr eintreiben kann, hauet man die Köpfe derselben mit einem Meißel ab und schreitet dann zu der eigentlichen Picotage (Verkeilung). Dazu gebraucht man spitze Keile, von trocknem weichen Holze, die 0,20 Met. lang sind, und deren Kopf ein Quadrat von 0,016 Met. Seite ist. Um die Keile in die schon vorhandenen einbringen zu können, treibt man spitze Eisen (agrafes à picoter genannt) ein. Dieselben sind quadratisch, oben etwa 0,03 Met. stark und 0,16 Met. hoch. Die einen haben einen etwas krummen Griff, der fast rechtwinklig zu dem Eisen steht, Fig. 8, Taf. XV. Die andern haben keinen Griff, allein sie sind länger (4 Z.) und oben prismatisch, Fig. 9, Taf. XV. Man nimmt erst das Eisen mit dem krum-

men Griffe, indem sich dasselbe leichter wieder herausziehen läßt, als das andere. Sobald man es herausgenommen hat, so bringt man in die gemachte Oeffnung einen Keil von weichem Holze. Man füllt auf diese Weise den ganzen, schon Keile enthaltenden Raum mit Keilen (picots). Lassen sich die von weichem Holze nicht mehr eintreiben, so nimmt man Keile von trocknem Eichenholze, die weit härter sind. Erst wenn das Eisen nicht mehr in's Holz getrieben werden kann, hört man mit der Keilarbeit auf. Die Brettchen sind alsdann 4 oder 5 Centim. von der äußern Peripherie des Kranzes entfernt, und das Moos ist auf eine geringe Stärke zusammengedrückt, so daß es kaum sichtbar ist.

Man hauet die Köpfe dieser letzten Keile ebenfalls ab und ebnet die obern und innern Flächen des obern Kranzes mit dem Hobel, worauf man andere Kränze (cadres de cuvelage) auf die beiden ersten legt. In dem Maße, daß man dieselben auflegt, nimmt man, wenn es möglich ist, die verlorene Zimmerung weg und füllt den Raum zwischen den Kränzen und den Schachtstößen mit einem Mörtel aus, der gewöhnlich aus $\frac{1}{3}$ fettem Kalk, $\frac{1}{3}$ Steinkohlenasche oder Cinders und $\frac{1}{3}$ Ziegelmehl (dem Volum nach) besteht. Vorzuziehen würde ein guter Mörtel aus hydraulischem Kalk und Quarzsande sein.

Nachdem auf diese Weise die wasserdichte Verzimmerung oder die Verdämmung der Wasser bis zu Tage ausgeführt worden ist, schreitet man zum Kalfatern der horizontalen Fugen. Es geschieht dieß mit getheertem Hanf, den man mit einem meißelartigen Eisen, welches, statt in eine Schneide, in einen ebenen, 2 bis 3 Millim. starken Theil ausläuft. Das Kalfatern erfolgt in zwei Malen, ein erstes Mal abwärts und ein zweites Mal aufwärts gehend. Es kann nicht sehr genau und nicht sehr dicht gemacht werden, weil die obern Kränze nicht sehr fest aufliegen können. Bei bedeutendem Drucke der Wasser müßte die Verdämmung noch über Tage fortgesetzt, oder der Schacht mit einer Mauerung aufgesattelt werden, dessen Gewicht auf die Kränze wirkt und die Fugen mit ihrer Stopfung dicht hielte.

Die Operationen des Verdämmens (colletage und picotage) müssen schnell und auf dem ganzen Umfange symmetrisch ausgeführt werden. Gewöhnlich sind dazu 6 Arbeiter im Schachte beschäftigt, fünf mit der Picotagearbeit, indem ein Jeder zwei Seiten des Zehnecks vornimmt, während der sechste die eingehängten Materialien zureicht. Diese 6 Mann arbeiten 5 Stunden hinter einander, und zu dem Verkeilen eines Kranzes sind gewöhnlich 24 Stunden erforderlich.

Man nimmt an, daß die Picotage eines zehnseitigen Schachtes von 2,90 Meter Durchmesser 1500 kleinere und 3000 größere Keile von weichem und 3000 Keile von Eichenholz erfordert.

Zur Anfertigung von 1000 Keilen ist fast 1 Kubikmeter weiches Holz erforderlich.

Der Ankaufspreis im Norddepartement beträgt etwa .	32 Fr.
Die Anfertigung	6 „
Kosten auf die 1000 Keile	38 Fr.

Das 1000 der langen spitzen Keile (picots) von Eichen- oder Fichtenholz, erfordert 0,15 Kubikmet. Holz und 3 Fr. Arbeitslohn. Demnach betragen die Kosten auf das 1000 eichene Spitzkeile:

0,15 Kub. M. à 70 Fr. . . .	10 Fr. 50 Cent.
Arbeitslohn	3 = — =
Summa	13 Fr. 50 Cent.

Das 1000 Spitzkeile von weichem Holze kostet:

0,15 Kub. Met. à 32 Fr. . . .	4 Fr. 80 Cent.
Arbeitslohn	3 = — =
Summa	7 Fr. 80 Cent.

Die Keile, von weichem Holze, welche zum Verkeilen des untersten Kranzes angewendet werden, haben keine bestimmten und regelmäßigen Dimensionen, wie die, welche zu dem eigentlichen (zweiten) Keilkranze angewendet werden, indem der erste nur den Zweck des Trägers hat. Es ist hinreichend, ihn fest mit dem Gebirge zu verbinden, damit er sich nicht senken könne; allein auf seine Wasserdichtigkeit kommt wenig an.

Nachdem nun die Abdämmung von dem obern Theile des Schachtes vollendet ist, so setzt man das Abteufen in dem, unter dem obern Sande abgelagerten Thonlager fort. Zu einer geringen Teufe in demselben gelangt, bringt man daselbst einen Tragekranz und einen Keilkranz ein, auf die man eine wasserdichte Zimmerung bis zum obern Tragekranze aufführt. Das Verfahren dabei ist, wie das bei der obern Abdämmung. Ist man nur noch um eine Kranzstärke von dem obern Tragekranze entfernt, so müssen die Stücke desselben genau hineinpassen, weshalb die Weite vorher genau gemessen wird. Die Stücke werden auf die gewöhnliche Weise hineingelegt, bis auf das letzte, welches den Kranz schließt und den Schlüssel bildet. Um dieses letzte Stück einbringen zu können, muß seine äußere Seite etwas kürzer sein. Nachdem es dann eingeschoben und so lange gedreht ist, bis sich eine seiner Seitenflächen gegen die Seitenflächen des benachbarten Stücks legt, wird es mit Holzschrauben vorgezogen und ihm seine richtige Lage gegeben.

Ehe aber dieser letztere Kranz eingebracht wird, drückt man alle untern Kränze mittelst der Druckschrauben gegen einander, welche auf die folgende Weise angebracht worden sind. Eine Schraube mit flachen Gängen, die etwas kürzer ist, als die Entfernung des obersten Kranzes von der untern Abdämmung zum obern Tragekranze, endigt in einen quadratischen, 0,10 Met. starken Kopf. Der letztere tritt gegen den obern Tragekranz; die Schraube ist mit einer Mutter versehen, und ihr unteres Ende tritt in einen hohlen Muff, der auf der obern Fläche des letzten Kranzes ruht. Schraubt man nun die Mutter herunter, während sich die Schraube nicht drehen kann, so drückt jene mittelst des Muffs gegen den Kranz. Man kann auf diese Weise, mittelst mehrerer Druckschrauben, alle horizontalen Fugen der Cuvelage dichter machen und nach diesem Zusammendrücken nimmt man erst die Maße von dem Kranze, welcher den Schlüssel bilden und den leeren Raum

unter dem obern Tragekranze ausfüllen soll. Nach dem Einbringen dieses Schlüssels kalfatert man mit Hanf.

Man fährt darauf mit dem Abteufen des Schachtes fort. Ist das Gebirge völlig, so bringt man in gewissen Entfernungen von einander Tragekränze an, auf denen man die übrige wasserdichte Zimmerung errichtet; und ehe man tiefer niedergeht, verbindet man die Stücke des untersten Tragekranzes mit denen der Trage- und Keilkränze, welche auf dem Grünsande ruhen, mittelst hölzerner Bänder und eiserner Stangen, welche mittelst starker eiserner Nägel an den gedachten Kränzen befestigt werden, so daß die in einem weniger festen Gebirge angebrachten Tragekränze an die fest liegenden angehängt werden. Ist man auf diese Weise in geschlossene oder dichte und feste Schichten gelangt, wohin im franz. Norddepartement der weiße Mergel ein festes Niveau (fort niveau) giebt, so sinkt man den Schacht 1 oder 2 Met. darin ab und bringt darin einen Tragekranz und einen oder mehrere sorgfältig verkeilte Keilkränze an. Man dämmt den letzten Theil des Schachtes ab. Man kalfatert alle horizontalen Fugen von der obern Verdämmung in dem festen Gebirge und kann darauf alle Bänder und Stangen wegnehmen, weil alsdann alle Theile der Abdämmung auf dem untersten Tragekranze ruhen.

Man fährt auf dieselbe Weise mit dem Abteufen fort, indem man an gewissen Punkten Tragekränze anbringt, wenn das Gebirge nicht fest genug ist und die festen Gesteinsbänke, welche man trifft, dazu benutzt, um jene genannten Kränze aufzulegen. Besonders ist es nach dem Durchsinken von wasserhaltigen Schichten nöthig, in der ersten festen und ziemlich wasserdichten, die man antrifft, Kränze anzubringen, welche die obern Wasser zurückhalten können.

Der weiße und graue Mergel mit oder ohne Kieselnieren giebt stets mehr oder weniger Wasser, und der Schacht muß in diesen Schichten wasserdicht verzimmert werden; allein gewöhnlich trifft man unter der ersten blauen Thonschicht, die unmittelbar unter dem Mergel mit Kieseln liegt, kein Wasser mehr. Man durchsinkt die Bank, bringt 0,80 Met. in den untern grauen Mergel, der dicht und fest ist, und dort legt man das Fundament zu der ganzen Verdämmung. Es besteht aus zwei über einander liegenden Tragekränzen, aus einem Keilkranze, einem dritten Tragekranze und einem zweiten Keilkranze. Das Einbringen und das Verkeilen dieser Kränze geschieht mit großer Sorgfalt, indem der Erfolg gänzlich von der guten Ausführung dieser Arbeit abhängt.

Wenn die Verdämmung ganz beendigt ist, so setzt man das Abteufen des Schachtes in dem Thon und Mergel, dem sogen. dièves, welche kein Wasser mehr enthalten, so wie in der Tourtia und in dem Steinkohlengebirge fort. In diesem ganzen Theile, ausgenommen in dem Falle, daß die Tourtia durch schwimmenden Sand ersetzt ist, wird der Schacht mit Ziegelsteinen ausgemauert und zwar theilweise bei'm Niedergehen. Es muß jedoch diese Arbeit in dem Theil über Grubenmauerung beschrieben werden; hier beschränken wir uns auf die Bemerkung, daß man in einer der wasserhaltenden Schichten, die etwas unter dem Fundamente der Abdämmung

liegen, ein Ort treibt, welches vorn mit einem Damme verschlossen ist, und auf welchem man die wenigen Wasser sammelt, welche noch durch die Abdämmung dringen, so daß sie die Arbeiter bei'm Schachtabteufen nicht hindern, und damit man sie nicht aus einer größern Teufe auszufördern braucht.

Die Fig. 1 bis 8, Taf. XVI. stellen die Einzelnheiten der Verdämmung, welche in einem Schachte der Steinkohlenbergwerke des Grand Hornu in Belgien ausgeführt worden ist. Jeder Kranz besteht aus 15 Stücken und bildet ein regelmäßiges Funfzehneck. Die Stücke der Trage- und der Keilkränze sind mit Nuth und Feder in einander gelassen, wie Fig. 6. zeigt, welche ein Stück des Keilkranzes darstellt, der 0,30 Met. (1 Fuß) stark ist. Die Fig. 1 und 2. stellen den Keilkranz mit den Brettchen (lambourdes) auf dem äußern Umfange, vor dem Verkeilen (picotage) dar. Die Fig. 3 und 4. zeigen denselben Kranz nach dem Verkeilen; die Brettchen sind durch die Keile zurückgetrieben und das Moos ist zusammen und in die kleinen Gesteinsvertiefungen gedrückt. Die Fig. 7. zeigt einen breiten und Fig. 8. einen spitzen Keil (picot). Die Fig. 5. stellt einen Theil des verdämmten Schachtes mit dem unmittelbar tiefern Theile dar, der unter den wasserhaltenden Schichten abgeteuft und in Ziegelsteinmauerung gesetzt worden ist, die auf einem fest verkeilten Kranze ruht.

Wasserdichte Zimmerung und Verdämmung im Schaafbreiter Revier bei Eisleben. Der Anfang der Verdämmungsarbeiten wurde mit dem Einbau der wasserdichten Zimmerung, Taf. XIV., Fig. 4., im Dampfmaschinenschachte gemacht, wo die Zuführung desselben bis zu 16 Fuß Länge und 10 Fuß Weite deshalb nicht besonders schwierig war, da dieselbe im Zechstein, im Schieferflötz und im Liegenden geschah und besonders Zuführzimmerung nicht erfordert wurde. In 22 Fuß Teufe unter der 3ten Gezeugstreckensohle fand man das Rothliegende zur Einlegung des Hauptjoches der wasserdichten Zimmerung hinlänglich dicht und fest und daher zum Anbringen der Verkeilung (Picotage) geeignet. Die Zuführung wurde daher in den untern $1\frac{1}{2}$ Fuß mit $16\frac{1}{2}$ Fuß Länge und $10\frac{2}{3}$ Fuß Breite mit besonderer Sorgfalt gemacht, die Stöße ganz geradlinig und abgeebnet, die Ecken genau rechtwinklig und das Liegende, worauf das Hauptjoch zu legen war, ebenfalls genau und bis zur söhligen Ebene abgeflächt. Zu diesen Arbeiten benutzte man zum Theil Steinhauer aus dem Siebigkeröder Steinbruche, welche mit dieser Arbeit ganz vertraut waren. Das Hauptjoch aus 1 Fuß starkem, ganz gesundem eichenen Holze, im Lichten 12 Fuß lang und 6 Fuß weit, war mit über einander greifenden Zapfen, wie andere Zimmerungsjöcher, jedoch außerdem noch mit 2 Zoll starkem Versatz in den Ecken gearbeitet, d. h. so, daß die kurzen Späne auf jeder Seite 2 Zoll in die langen Späne und letztere dann eben so lang in die erstern eingreifen. Auf der obern Seite sind zwei Spundfugen, von 2 Zoll Tiefe und $1\frac{1}{4}$ Zoll Breite, zum Einlegen von Federn, die vordern 3 Zoll von der innern Seite des Joches, die zweite eben so weit von der ersteren entfernt, angebracht. So zugerichtet wurde das Hauptjoch mit besonderer Sorgfalt an seine Stelle, ringsum von den genau zugeführten Stößen gleichweit abstehend, niedergelegt, und vorzüglich auf eine söhlige Lage dessel-

ben, und daß die Ecken ganz genau und im rechten Winkel schlossen, gesehen. Darauf wurden an den äußern Seiten der langen Späne eichene Picotagebohlen, wie die Zuführung 16½ Fuß lang, 3 Zoll stark und, wie das Hauptjoch, 1 Fuß hoch, eingesetzt und der Raum zwischen denselben und dem Gestein (11 bis 12 Zoll breit) mit ganz gesundem Moose, aus welchem alle stärkern Stengel sorgfältig ausgelesen waren, dicht ausgestopft und dann die Bohlen auf beiden Seiten möglichst gleichmäßig in ihrer ganzen Länge durch verlorene Keile vom Hauptjoche abgetrieben und damit so lange fortgefahren, bis das Moos zu 1½ bis 2 Zoll Stärke zusammengetrieben und mit den verlorenen Keilen, die nicht dicht neben einander standen, weiter nichts mehr auszurichten war. Durch dieses Zusammentreiben war das Moos in eine dichte, filzartige Masse zusammengepreßt, in welche man mit einem gewöhnlichen Brettnagel kaum 1 Zoll tief eindringen konnte. Nun wurde zum Einsetzen der eigentlichen Picotageklötze an den langen Seiten des Joches geschritten. Diese waren aus sehr zähem Pappelholze geschnitten; je zwei derselben keilförmig, wie Fig. 5. zeigt, an einander gepaßt, füllten den zwischen dem Joche und den Picotagebohlen vorhandenen Raum ziemlich aus, so daß bei ihrem Antreiben die verlornen Keile lose wurden, leicht herausgenommen werden konnten und das Moos noch mehr zusammengepreßt wurde. Diese Klötze wurden dicht neben einander und auf beiden Seiten ganz gleichmäßig eingesetzt und angetrieben. Die über die kurzen Seiten des Joches bis zu den Gesteinstößen reichenden Picotagebohlen wurden durch eingesetzte Stempel nachgetrieben, so daß auch an diesen Stellen das Moos dieselbe Dichtigkeit, wie in der Mitte, erhielt. Durch dieses Eintreiben der Klötze war schon eine ganz wasserdichte Verbindung der Picotagebohlen mit den Gesteinstößen hergestellt, und es blieb nur noch übrig, die Verdichtung der Picotageklötze unter sich und mit dem Hauptjoche zu bewirken. Diese wurde durch das Eintreiben ganz spitzwinkliger, 8 — 10 Zoll langer Keile in beide Theile der Picotageklötze, in 2 bis 3 Reihen dicht neben einander, erreicht. Zuerst wurden Keile aus Kiefernholz, als diese nicht mehr ziehen wollten, Keile von Eichenholz angewendet. Die Arbeit wurde so lange fortgesetzt, als es nur möglich war, diese Keile tiefer einzutreiben.

Nach diesem Verkeilen war die Zusammensetzung der Picotageklötze nicht mehr zu erkennen und solche unter sich sowohl, als auch mit dem Joche und den Picotagebohlen innig verbunden. Darauf wurden an den kurzen Seiten des Hauptjoches die Picotagebohlen angesetzt, dieselben Moosfüllungen gemacht und eben so wie in den langen Stößen erst mit verlorenen Keilen, dann mit Einsetzen der Picotageklötze und Eintreiben derselben und endlich mit dem Verkeilen derselben verfahren. Zum Schlusse der ganzen Arbeit wurde noch ringsum eine Reihe eiserner Keile mit großer Anstrengung eingetrieben, so daß endlich das Moos, bis auf 1 Zoll Stärke zusammengepreßt, eine fast steinharte Masse auszumachen schien.

Dieses bis zum höchsten Grade getriebene Verkeilen hatte übrigens auch so auf das Hauptjoch eingewirkt, daß nicht allein dessen Einstriche stark eingebissen hatten, sondern daß sich auch das Joch selbst, besonders in den langen Spänen gekantet, d. h. nach oben zu verworfen hatte und auf der

obern Fläche wieder abgeebnet und in den Spundfugen nachgeholfen werden mußte, was übrigens ohne besondere Schwierigkeit ausgeführt wurde. Nach Ausführung dieser Berichtigung wurde zum Einbaue der Auffatzjöcher (cuvelage) geschritten. Dieselben bestanden aus 8 Zoll starken, 12 bis 16 Zoll breiten, ebenfalls ganz gesunden eichenen Hölzern. Sie waren eben so, wie das Hauptjoch, mit gewöhnlichen Zapfen, mit Versatz in den Ecken gearbeitet, hatten aber nur die mittlere Spundfuge von 2 Zoll Tiefe, auf der hintern Seite aber einen halben Spund von $\frac{3}{4}$ Zoll Breite zum Einlegen von Deckleisten. Vor dem Aufsetzen des ersten Aufsatzjoches wurden gegen 18 Zoll breite, 14 und 8 Fuß lange Streifen getheerter Hanfleinwand auf dem Hauptjoche ausgebreitet, in die Spundfugen desselben die, aus ganz gesunden kiefernen Bohlen gefertigten Federn eingedrückt, über denselben wieder ähnliche Leinwandstreifen ausgebreitet und darauf das erste Joch gelegt und so stark aufgetrieben, daß nicht ein Nagel in die Fugen mit eingeschlagen werden konnte. Die hintere Feder wurde am Aufsatzjoche angenagelt. Das Aufsetzen der folgenden Jöcher erfolgte auf dieselbe Art, nur mit dem Unterschiede, daß die in den halben Spund zu legende Deckleiste zwar auch auf die aus einander gelegten Leinwandstreifen zu liegen kam, aber am untern und obern Joche angenagelt wurde. Nachdem mehrere Jöcher aufgesetzt waren, wurden die Ecken von außen durch sogenannte Deckwinkel aus kiefernen, 2 Zoll starken Bohlen, die ebenfalls eine Unterlage von getheerter Hanfleinwand bekamen und angenagelt wurden (Taf. XIV., Fig. 7.), verwahrt, dann die Jöcher von hinten mit eichenem, 5 Zoll starkem Holze abgestempelt und der Raum zwischen Zimmerung und Gebirge (1 — 1½ Fuß breit) mit mäßig angefeuchtetem Thone ausgestoßen. Auf diese Art wurde die wasserdichte Zimmerung im Dampfmaschinenschachte, im Ganzen 27 Fuß hoch, bis 5 Fuß über die 3te Gezeugstreckensohle aufgeführt und vollkommen wasserdicht hergestellt, obwohl man dabei mannigfache Schwierigkeiten, besonders in Bezug auf die Sätze der Dampfmaschine und die Sicherstellung der Arbeiter, zu überwinden hatte.

Mit der Zuführung der Lager zu den wasserdichten Zimmerungen in den Schachten Erdmann und Wassermann (Taf. XIV., Fig. 2 und 3.) ging man gegen 1 Centimeter in den ältern Gyps nieder, um die Hauptjöcher in festes Gestein zu legen. Da es hier Absicht war, nicht allein die auf dem Gypse liegenden Wasser zurückzudämmen, sondern auch alle von Tage nieder ersunkenen Wasser durch die unmittelbar über dem Gypse vorhandenen Räume abzuleiten, so wurden alle diese Räume mit großer Sorgfalt geöffnet und gereinigt und nach der Schachtseite mit einer Mauer so verschlossen, daß ringsum ein Kanal gebildet wurde, mit welchem alle diese Räume in Verbindung standen. Durch die Mauer bis in den Kanal und auf der andern Seite bis an die Zimmerung wurde eine 7 Zoll weite eichene Röhre gelegt, in welche die 5 Zoll weit gebohrten Einfallröhren für die Zuleitung der obern Wasser eingesetzt waren, und aus der außerdem noch eine 4 Zoll weite eiserne Röhre durch die Zimmerung bis in den Schacht ging, um während der Arbeit sämmtliche Wasser frei ablaufen zu lassen. Die Haupt- und Aufsatzjöcher waren auf dieselbe Art, wie bei dem Dampfma-

schinenschachte, construirt. Die Picotage wurde, mit Ausnahme der bei'm Wassermannschachte weiter unten zu erwähnenden Abänderungen, ebenfalls in gleicher Weise ausgeführt und überhaupt bei'm Einbau von dem im Dampfmaschinenschachte angewendeten Verfahren nicht abgewichen, auch der Raum hinter der Zimmerung mit mäßig angefeuchtetem Thone ausgestoßen. Nun hatte man wieder andere Schwierigkeiten zu überwinden; das Aschengebirge nämlich wurde bei der Zuführung durch die vielen Traufen an einigen Stellen sehr weich und der Einbau verlorner Zimmerung, zur Sicherstellung der Arbeiter und zur Verhütung eines Bruches, nothwendig. Das Hauptjoch im Erdmann liegt 2 Fuß 4 Zoll unter, und im Wassermann 3 Fuß 9 Zoll über der Froschmühlenstollensohle; im erstern wurde die Zimmerung 36 Fuß 2 Zoll, im letztern 34 Fuß hoch eingebaut, und es werden darauf die eisernen Abflußröhren in den untern Aufsatzjöchern mit eingeschlagenen Spunden und vorgeschobenen Deckeln geschlossen, worauf die Wasser hinter der Zimmerung aufgingen.

Im Erdmannsschachte machte man sehr bald die Erfahrung, daß die Zimmerung nicht hoch genug hinaufreichte, indem die Wasser mit 2 — 3 Kubikfuß überflossen. Es wurden daher im folgenden Jahre noch 17 Fuß 6 Zoll solcher Zimmerung aufgesetzt, so daß sie im Ganzen 53 Fuß 8 Zoll Höhe erhielt und hiermit ihrem Zwecke vorläufig genügte.

Die Wasser gingen anfänglich bis etwa 6 Fuß unter die obere Kante der Zimmerung auf; später blieben nur 4 Fuß wasserfrei, und im Frühjahr 1838, bei sehr starken Zuflüssen von Tagewassern, erreichten die Wasser nicht allein wieder die obere Kante, sondern kamen mit $\frac{1}{8}$ Kubikfuß pro Minute zum Ausflusse. Bei'm Eintritte der trockenen Jahreszeit sind aber dieselben wieder gefallen, und es bleibt nun abzuwarten, ob sich diese Erscheinung wiederholen wird. Bei den nachträglich ausgeführten Aufsatzjöchern fehlen die eingelegten Federn zwischen den Jöchern und anstatt zwei Streifen Hanfleinwand ist ein Streifen Flanell eingelegt. Die nöthige Spannung zwischen Joch und Joch (Taf. XIV., Fig. 3., 8.) wird durch $\frac{1}{2}$ Zoll starke und 3 Zoll lange eiserne Döbel, die gleichweit in jedes Joch eingesetzt sind, hervorgebracht. Diese Jöcher zeigen sich eben so dicht, als die untern mit eingelegten Federn, und ließen sich viel leichter aufsetzen. An dieser Zimmerung wurde zuweilen eine Verdichtung nachträglich nothwendig, da der bei'm Ausstoßen angewendete Thon nicht der beste war. Doch sind diese Verdichtungen immer leicht ausgeführt worden, indem mit einem Stopfmeißel Hanf in die Fugen eingetrieben und damit die Dichtigkeit wieder hergestellt wird.

Um das Umkanten des Hauptjoches durch die Verkeilung zu verhüten, wurde im Schachte Wassermann die Picotage in zwei Absätzen von 6 Zoll Höhe gemacht (Taf. XIV., Fig. 3., 6.), anstatt daß in den beiden andern Schachten solche ungetheilt auf die ganze Höhe von 12 Zoll hergestellt worden war. Das Kanten des Hauptjoches wurde aber durch dieses Verfahren nicht ganz vermieden; die Verbindung desselben mit dem Gesteine wurde überdieß nicht ganz wasserdicht und auch sehr bald wieder aufgehoben, wovon der Grund in der großen Weichheit des Gypses, in dessen feinen Klüf-

ten und kleinen Drusenräumen und in den folgenden Abteufen des Schachtes mit Schießarbeit, wodurch augenscheinlich die Zimmerung sehr erschüttert wurde, liegen mag. Man suchte die untere Fläche des Hauptjoches mit dem Gesteine durch Eintreiben von Keilen wasserdicht zu verbinden, und erreichte zwar auch damit anfänglich diesen Zweck. Diese Verdichtung war jedoch von keiner Dauer, da der feinste sich durchdrängende Wasserstrahl die Oeffnung im Gypse außerordentlich schnell erweiterte, und daher dieser Verdichtung fortdauernd nachgeholfen werden mußte.

Nach und nach war aber die Lage der eingetriebenen Keile so stark geworden, daß, da sie als Hauptjoch überhaupt nur 5 bis 6 Zoll untergriff und ihr hinterer Winkel über 45 Grad erreicht hatte, ihr die erforderliche Spannung nicht mehr gegeben werden konnte. Man sah sich daher im Jahre 1838 genöthigt, ein neues Hauptjoch einzuziehen.

Anfänglich beabsichtigte man, dieses neue Hauptjoch nur circa 3 Fuß, oder so tief unter das vorhandene Hauptjoch zu legen, um den zum Einsetzen der Picotage erforderlichen Raum zu gewinnen. Bei der Zuführung fand man aber in dieser Tiefe zwar festen, aber nicht ganz dichten Gyps, indem in demselben viele kleine Drusen, die unter sich durch ganz feine Klüfte in Verbindung standen, vorhanden waren; und man setzte daher die Zuführung bis $6\frac{1}{2}$ Fuß unter das alte Hauptjoch fort, wo der Gyps (größtentheils Anhydrit) nicht allein sehr fest, sondern auch ganz dicht und zur Lagerung des neuen Hauptjoches ganz geeignet war. Um das Gestein durch die Zuführung, die in allen Stößen des Schachtes $2\frac{1}{4}$ Fuß weit gemacht wurde, nicht anzuschrecken und dadurch wiederum die Undichtigkeit des neuen Hauptjoches herbeizuführen, wurde die ganze Zuführung nur mit Anwendung von sogenannten Zweispitzen und Schlägel und Eisen bewirkt. Die Zimmerung selbst, aus einem Hauptjoche und 5 Aufsatzjöchern, im Ganzen 6 Fuß 1 Zoll hoch, bestehend, ist wie die zuletzt im Erdmannschachte eingebaute, d. h. ohne Einlagefedern, aber mit Deckleisten auf der hintern Seite, vorgerichtet, und zwischen die Jöcher hat man getheerten wollenen Flanell gelegt. Die Picotage hinter dem Hauptjoche ist, außer dem Moose und der Picotagebohle, 10—11 Zoll breit und 12 Zoll hoch; die Klötze derselben sind wie die frühern bearbeitet, bilden jedoch nur eine Schicht (wie im Dampfmaschinen- und Erdmannsschacht) und bestehen aus sehr zähem Pappelholz, welches, durch die Anwendung von Wasserdampf und durch sorgfältiges Trocknen, von allen Säften befreit war. Das Verfahren bei'm Zusammentreiben des Mooses und bei'm Einsetzen und Verkeilen der Picotageklötze war ganz das früher angewendete; nur hat man unterlassen, unter das Hauptjoch und unter die Picotageklötze getheerte Seilfäden oder Werg zu legen. In Folge der Erfahrung, daß der festeste Gyps durch Wasser sehr bald angegriffen und aufgelöst wird, hat man, um den Gyps an und über der Picotage gegen Wasser ganz zu sichern, den Raum zwischen der Zimmerung und dem Gypse nicht mit Thon ausgestoßen, sondern mit klinkerartig hart gebrannten Backsteinen und Casseler hydraulischem Cement, dem etwa $\frac{1}{2}$ des Volumens gewaschener Sand zugesetzt ist, so gemauert, daß am Gestein und an der Zimmerung ein 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll breiter Raum verblieb, der mit reinem

Cement ausgegossen wurde, und in welchen man kleine Backsteinbrocken eindrückte. In den zwischen dieser neuen Zimmerung und dem alten Hauptjoche noch vorhandenen Raum, von 5 Zoll Höhe und 10 Zoll Breite, wurden ebenfalls aus Pappelholz gefertigte Picotageklötze eingesetzt, die, durch Keile aus weichem und hartem Holze gehörig festgetrieben, eine ganz wasserdichte Verbindung der neuen und alten Zimmerung abgegeben haben, so daß nun schon seit einem Jahre ein Fehler an dieser wasserdichten Zimmerung nicht weiter bemerkt worden ist.

Wasserdichte Zimmerung in einem Förderschachte der Steinkohlengrube Guley im Wormreviere bei Aachen. Nachdem die Grubenbaue der Guley im Januar 1834 durch einen plötzlichen Wasserdruckbruch ersoffen waren, fing man an, auf den flachen Flügeln des südlich zunächst liegenden Sattels, 150 Centimeter von dem Maschinenschachte entfernt, einen Versuchschacht in solchen Dimensionen abzuteufen, daß er unter günstigen Umständen als Förderschacht benutzt werden konnte. Er erhielt eine Länge von 14 Fuß 1 Z. und eine Weite von 6 Fuß 10 Z. 10 Linien. Als das Abteufen dieses Schachtes das Liegende des abgebauten Flötzes Meister unter der Stollensohle erreichte, vermehrten sich die Wasserzugänge durch das klüftige und zerbrochene Gestein in dem Maße, daß nicht allein das Abteufen ohne Maschine sehr schwierig und kostbar wurde, sondern auch bei fernerer Benutzung des Schachtes eine besondere Wasserhaltung für denselben hätte eingerichtet werden müssen. Da die liegenden Flötze bekanntlich hier unabgebaut anstanden, und eine der nächstgelegenen von einer wasserdichten Schieferthonlage begleitet wird, so waren hier alle Bedingungen vereinigt, um durch eine wasserdichte Zimmerung die getroffenen Wasserzugänge vom Schachte abzudämmen und bis zur Stollensohle abzustämmen, so daß sie einen Abfluß in das nicht sehr entfernte Wormthal erhalten würden.

Sobald man hierzu den Entschluß gefaßt hatte, nahm man den Schacht in jedem Stoße um 1¼ bis 2 Fuß weiter und teufte ihn in diesen Dimensionen bis 22½ Centimeter unter die Hängebank ab, wo im Liegenden des Flötzes Geelersch ein Gestein sich fand, welches zur Legung des Picotage- (Keil-)Gevieres geeignet schien. Alsdann wurde der Schacht so hoch, als die wasserdichte Zimmerung reichen sollte, angemessen erweitert (etwa 62 Fuß hoch).

Die untere Gesteinsfläche, worauf das Keilgeviere (siège de picotage) gelegt werden sollte, wurde mit leichten Gezähstücken eben, horizontal und rechtwinklig zugeführt. Das Geviere besteht aus 12 Zoll kantigem Eichenholz, ist oben und unten glatt und horizontal gehobelt; Jöcher und Kappen stoßen in den Ecken mit schrägen Flächen genau passend zusammen. Auf dem Gesteine wurde eine dünne Lage gut gereinigtes Moos gelegt, darauf das Geviere. Hinter demselben wurden vier, 1 Zoll starke, 12 Z. breite Bretter von Weidenholz auf die lange Kante aufgestellt und der Zwischenbauraum zwischen denselben und den Gesteinstößen ebenfalls mit gut gereinigtem Moose ausgefüllt. Diese Bretter sind so lang, wie die äußern Seiten der Jöcher und Kappen. Zwischen denselben und dem Geviere werden

nun Keile von gut getrocknetem Weidenholz, 2 Zoll breit und an dem obern Ende 1 Zoll stark, unten scharf zulaufend, eingetrieben. Da die Entfernung des Gevieres von dem Gesteinstoße nicht auf allen vier Seiten gleich war, so wurde auch nicht eine gleiche Anzahl von Reihen dieser Keile hinter einander eingesetzt, sondern so viele auf jeder Seite, als nothwendig ist, und wurden dieselben gleichförmig ringsum angetrieben, so lange als sich das Moos damit zusammendrücken ließ. Dadurch entfernen sich die Bretter etwa 2 bis 3 Zoll von den hinteren Seiten des Gevieres, je weniger, um so besser, weil alsdann um so eher eine vollkommene wasserdichte Verbindung des Gevieres mit den Gesteinstößen erlangt werden kann. Die über die Oberfläche des Gevieres hervorragenden Weidenkeile wurden mit einem Meißel abgestoßen und geebnet und in diese Holzmasse mit einem spitzen Eisen Löcher gemacht, in welche Keile von Buchenholz, am obern Kopfe 1 Z. kantig und 6 bis 7 Zoll lang, unten spitz zulaufend, eingesetzt und abgetrieben wurden. Mit dieser Arbeit fuhr man so lange fort, als es nur irgend möglich war, mit dem Eisen in die Holzmasse einzudringen.

Hierdurch wurde eine vollkommene Verbindung zwischen dem Geviere und den saigern Gesteinstößen hergestellt, und es blieb nur noch übrig, auch die horizontale Fuge unter dem Geviere dicht zu verschließen, indem hierzu die dazwischen ausgebreitete Lage von Moos nicht genügt. Diese horizontale Verkeilung konnte jedoch erst später vorgenommen werden, nachdem die Schachtzimmerung bereits einige Höhe erreicht hat, weil sonst das Picotagegeviere gehoben und aus seiner Lage gebracht werden würde.

Auf dieses untere Geviere wurden nun die Aufsatzgeviere (cadres de cuvelage) eines nach dem andern aufgelegt. Sie bestanden aus 12 Zoll kantigem Buchenholze und schließen in den Ecken ebenfalls mit schrägen Flächen genau an einander; die Lagerflächen werden genau abgehobelt, zusammen gepaßt und über Tage gezeichnet, damit sie bei'm Einbau im Schachte dieselbe Lage erhalten. Die Stärke dieser Geviere hätte offenbar, dem nach oben abnehmenden Wasserdrucke entsprechend, nach oben hin vermindert werden können, und ist es dabei keinesweges nothwendig, daß alle Geviere eine und dieselbe Höhe erhalten.

Nachdem ein solches Aufsatzgeviere gelegt war, wurde dasselbe durch Keile, von 4 bis 7 Zoll Breite und Stärke und 12 Zoll Länge, die zwischen dasselbe und das Gestein eingetrieben worden, in seiner richtigen Lage befestigt und in den Fugen zusammengetrieben. Diese Keile kommen an den Enden der Jöcher und Kappen und außerdem auch noch in der Mitte der Jöcher zu liegen; reichen sie nicht aus, so werden hinter denselben schwächere von $\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Breite eingesetzt.

Der übrig bleibende Zwischenraum (Zuführungsraum) zwischen diesen Aufsatzgevieren und dem Gesteine wurde sorgfältig mit Mörtel ausgefüllt, welcher aus der Asche von Kalköfen (einem Gemenge von zerfallenem Kalk, Steinkohlenasche und Einders), aus Eindern von den Rosten der Dampfkessel besteht, und dem so viel Wasser zugesetzt wird, daß er die Consistenz von gewöhnlichem Mauermörtel erhielt. Auf $3\frac{1}{2}$ Kubikfuß Kalkasche und $3\frac{1}{2}$ Kubikf. Eindern wurden $1\frac{2}{7}$ Kubikf. Wasser genommen.

Auf diese Weise wurde die wasserdichte Zimmerung bis zu der vorher angegebenen Höhe aufgesetzt und damit die engern Dimensionen des Schachtes erreicht. Zwischen dem obersten Aufsatzgeviere und der überhängenden Gesteinsbrust wurden Keile von verschiedener Größe und Beschaffenheit eingetrieben, um dadurch alle horizontalen Fugen der Zimmerung zu schließen. Diese Verkeilung schloß übrigens keinesweges den Raum zwischen diesem Geviere und dem Gesteine dicht, was auch überflüssig gewesen wäre, da die Wasser hinter der Zimmerung nicht bis hierher aufgehen, und schon bei einem mehrere Fuß tiefern Stande durch ihre Druckhöhe einen Abfluß finden.

Der Druck, welcher durch diese Keile auf die horizontalen Fugen der Aufsatzgeviere ausgeübt wurde, genügte, um das Durchdringen der Wasser ganz zu verhindern, als dieselben hinter der Zimmerung aufgingen, und man mußte daher zu einer Verdichtung aller dieser Fugen schreiten, welche auf nachstehende Weise ausgeführt wurde. Es wurden Keile von trockenem Buchenholze $1\frac{2}{3}$ Zoll breit, beinahe 3 Zoll lang und $\frac{1}{2}$ Zoll am Kopfe stark, in eine Schärfe zulaufend, dergestalt in diese Fugen eingetrieben, daß jeder Keil etwa um $\frac{1}{2}$ Zoll in den neben oder vor ihm stehenden eingreift, zu welchem Ende dieselben auf einer Seite in der Mitte mit einem scharfen Meißel gespalten werden (Fig. 1., Taf. XV.). Diese Keile wurden nach und nach ringsum zwischen je zwei Aufsatzgevieren eingetrieben und erfüllen auch ihren Zweck, so weit diese Arbeit ausgeführt werden konnte, vollständig.

Man hatte nämlich gleichzeitig mit den Aufsatzjöchern Einstriche von $3\frac{1}{2}$ Zoll starken Bohlen, welche einen Schachtscheider zur Trennung des Fahrschachtes von dem Förderschachte bildeten, eingebaut, und zu beiden Seiten derselben 3 Zoll breite Lutten in den Ecken angenagelt, so daß an den langen Schachtstößen ein Raum von $9\frac{1}{2}$ Zoll Breite davon bedeckt wurde. Der Fahrschacht nimmt 4 Fuß 8 Zoll und der Förderschacht 9 Fuß $1\frac{1}{2}$ Zoll von der Länge des ganzes Schachtes ein. Hinter diesen Einstrichen und Lutten war nun eine solche Verdichtung der Fugen zwischen den Gevieren nicht möglich; im Gegentheile waren dieselben an diesen Stellen wohl noch mehr geöffnet worden, und die Wasser drangen hier ziemlich stark durch; es hätten die Einstriche wieder herausgeschlagen werden müssen, um sie anzubringen. Derselbe Zweck wurde mit dem besten Erfolge dadurch erreicht, daß man in den, von den Lutten und Jöchern gebildeten Ecken, gerade auf den Fugen der letzteren, 1 Zoll weite Löcher von 6 bis 7 Zoll bohrte, welche von beiden Seiten hinten in den Jöchern zusammentrafen (d, Fig. 2.). In diese Löcher wurden nun kleine Spunde (Pflöcke) von trocknem Weidenholze, an der Spitze 9 bis 11 L. und am Kopfe 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll stark, welche mit Moos umwickelt waren, so tief, als möglich, eingetrieben und die hervorstehenden Köpfe abgemeißelt.

Wasserdichte Schachtzimmerung in der Steinsalzgrube Vic in Lothringen. Eine sehr ausführliche und genaue Beschreibung der wasserdichten Zimmerung in den Schachten der Steinsalzgrube zu Vic hat Hr. J. Levallois in dem Aufsatze über die in dem Departement der Meurthe zur Aufsuchung und Förderung des Steinsalzes ausgeführten Arbeiten, in den Ann. des mines, 3. Reihe, Bd. IV, S. 321 u. f. gelie-

fert, und wird daher ein Auszug aus derselben hier wohl an seiner Stelle sein.

Das bei Vic über dem Steinsalze befindliche Gebirge besteht aus Thon und Gyps; es ist sehr verschieden in seinem Verhalten zu den Wasserzugängen; an einer Stelle ist es wasserdicht, an einer andern ist der Gyps sehr zerklüftet oder der Thon mergelig und porös. Der in demselben befindliche Wasserweg hat keine Verbindung mit den nahe liegenden Salzquellen; die Wasserzugänge in den beiden Schachten waren sehr verschieden, dennoch traten sie bis zu derselben Höhe, 8,0 M. (27 Fuß) unter der Hängebank des Schachtes Bequey auf. Im Winter ist der Wasserspiegel etwas höher, als im Sommer; nasse Jahre (wie 1824) erhöhen denselben noch mehr, bis 12 F. über seinen gewöhnlichen Stand. Die Quellen vermehrten ihre Ausgabe einige Tage nach ihrem Anhauen, blieben alsdann beständig, bis tiefere angehauen wurden.

Abteufen. Der Schacht wird so weit genommen, daß nur der Zimmerung ein freier Raum von 2 Zoll bleibt. Man teuft so weit ab, als das Gestein von selbst oder mit Hülfe von einiger verlorner Zimmerung steht. In 10 M. ($31\frac{3}{8}$ Fuß) Teufe wurden die ersten Tragestempel (trousses porteuses) gelegt, welche sich von den Schrotjöchern (trousses de cuvelage) nur um ihre größere Stärke von $3\frac{3}{4}$ Zoll unterscheiden; sie wurden fest gegen das Gebirge gekeilt, darauf die Schrotzimmerung aufgesetzt, jedes Geviere festgekeilt und der Raum hinter demselben mit Bergen ausgefüllt.

Das Abteufen rückt nun wieder so weit vor, bis neue Tragestempel gelegt werden, auf welche man die Jöcher aufsetzt; das Gestein auf dem früher gelegten Tragestempel wurde so weit fortgenommen, als nöthig war, um das Schlußjoch (clef) einbringen zu können, was auch bei seiner größeren Breite nöthig ist.

Auf diese Weise ward das Abteufen und der Ausbau in trocknen oder nicht sehr wasserreichen Gebirgen fortgesetzt; sobald man aber stärkere Wassergänge erhielt, wurde ein verkeiltes Geviere (trousse picotée) gelegt, dessen Stärke mindestens $3\frac{3}{4}$ Z. größer, als die der übrigen Geviere, ist. Auf dieses werden nun die schwächeren Jöcher aufgesetzt, und der Zwischenraum zwischen denselben und den Gesteinstößen mit hydraulischem Mörtel ausgefüllt, und die Fugen zwischen diesen Jöchern mit aufgedreheten Seilfaden kalfatert.

Man teuft dann von neuem 2 bis 3 M. ($6\frac{1}{2}$ bis $9\frac{1}{2}$ Fuß) tief ab, legt wieder ein Keilgevier oder auch wohl zwei unmittelbar über einander, setzt die Aufsatzgeviere darauf und füllt den Raum hinter denselben mit Mörtel aus.

Die Fugen der oberen Geviere öffnen sich gewöhnlich nach der Legung desjenigen, welches den Ausschluß bildet, und lassen nun Wasser durch. Um sie wieder zu verdichten, bringt man eine horizontale Verkeilung (picotage à face, picotage horizontale) zwischen dem Schlußgeviere und dem unmittelbar darüber liegenden Keilgeviere an und kalfatert alsdann abermals die Fugen.

Auf diese Weise wird das Abteufen bis zur Durchsenkung des wasserführenden Gebirges fortgesetzt; in den tieferen trockenen Gebirgsschichten wird entweder eine Schrotzimmerung, wie die obere, oder Mauerung eingebauet.

Der Schacht Bequey ist quadratisch, im Lichten 2 M. (7 Fuß 3 Zoll); die Geviere bestehen aus 2 Jöchern, welche an den Enden $1\frac{1}{2}$ Zoll tief eingeschnitten sind, in welche Einschnitte die beiden Kappen ohne Versetzung mit gerad abgeschnittenen Enden eingelegt werden.

Der neue Schacht dagegen ist ein regelmäßiges Achteck, der eingeschriebene Kreis hat 2,5 Met. (7 Fuß $11\frac{3}{4}$ Zoll) Durchmesser; die den Umgang (Geviere) zusammensetzenden Stücke stoßen mit den schräg abgeschnittenen Enden zusammen. Die Stücke der Aufsatzumgänge sind mit 2 Zapfen (Dübbeln) auf der oberen und mit entsprechenden Löchern auf der untern Seite versehen, welche das richtige Aufsetzen derselben sehr erleichtern. Bei den Keilumgängen fehlen aber diese Dübbeln.

Ausführung der wasserdichten Zimmerung. Als mit Abteufen starke Wasserzugänge erschroten, die Pumpen eingebauet und die Wasser zu Sumpfe waren, wurde der Schacht noch 0,6 M. (23 Zoll) abgeteuft, in den Stößen dabei 0,22 Meter ($8\frac{3}{4}$ Z.) erweitert und 1 M. (3 Fuß 2 Zoll) über der Sumpfsohle eine ebene Brust ringsum in das Gestein gehauen. Hierauf ward das Keilgeviere von 0,88 M. ($14\frac{1}{2}$ Z.) Stärke und 0,22 M. ($8\frac{3}{4}$ Zoll) Höhe richtig gelegt, hinter jedem Stücke desselben ein Brett (lambourde) von Pappel- oder Eichenholz, von gleicher Höhe und 13 L. Stärke, aufgestellt; die hinter den Kappen liegenden Bretter sind so lang als die Jöcher, und hinter diesen liegen kürzere, welche dazwischen passen, um die Fugen zwischen den Jöchern und Kappen eines Gevieres zu decken. Die Bretter werden mit Keilen dicht an dem Geviere aufrecht erhalten und der Raum zwischen ihnen und dem Gesteine voll Moos gestopft und dieß mit einem hölzernen Stampfer (battoir), Fig. 8., und einem Fäustel eingetrieben. Die verlornen Keile werden alsdann herausgezogen und der leere Raum ebenfalls auf dieselbe Weise noch mit Moos ausgefüllt.

Dann werden flache, oben 13 L. starke Keile von Pappel- oder Weidenholz zwischen den Brettern und dem Geviere dicht neben einander gleichmäßig ringsum eingetrieben; nicht einer nach dem andern, sondern alle gemeinschaftlich. Die Keile, welche dabei lose werden, zieht man heraus, steckt sie verkehrt ein und schlägt einen andern darauf.

Nachdem so alle Keile gleichmäßig fest sind, werden noch die Ecken, welche durch das Zurückweichen offen geworden sind, sorgfältig mit Keilen ausgefüllt. Dann werden spitze Keile, die aber ebenfalls 13 L. quadratisch stark sind, in diese flachen Keile hineingetrieben. Ist es nun nicht sehr möglich, mit diesen weichen Keilen in die Holzmasse einzubringen, so werden mit einem Eisen (agrappe à picoter), Fig. 9., Taf. XV., Löcher in dieselben gemacht. Bei dem Herausnehmen dieses Eisens wird immer nur gegen eine Seite desselben geschlagen, damit die Oeffnung um so besser von dem Holzkeile ausgefüllt werden könne. Diese Löcher werden eines dicht neben dem anderen gemacht, die Keile ringsum eingetrieben und ihre hervor-

ragenden Enden mit einem krummen Meißel, Fig. 8., der obern Fläche des Gevieres gleich, abgestoßen. Ganz besondere Aufmerksamkeit wird auf die Verdichtung der Ecken verwendet, welche bei weitem am schwierigsten zu erlangen ist. Wenn gar keine Keile von weichem Holze mehr eingetrieben werden können, so geht man zu eisernen Keilen über, mit denen man nun so lange fortfährt, bis die Stahlspitze des Eisens nicht mehr in die Holzmasse eingreift. Zuletzt werden die hervorragenden Keile mit einem Fäustel glatt geschlagen, nicht mit dem Meißel abgestoßen.

Durch diese Verkeilung biegen sich die Jöcher und Kappen in der Mitte durch und kanten sich am äußern Umfange auf. Streben, die gegen das Gebirge geschlagen werden, helfen in dieser Beziehung wenig; aber es ist einer der größten Vortheile, welchen die achteckigen Schachte in dieser Beziehung vor den vierseitigen voraus haben, daß bei jenen die einzelnen Stücke des Umfanges nur etwa $3\frac{1}{2}$ Fuß lang sind und daher kaum eine merkbare Veränderung in ihrer Form und Lage durch die Verkeilung erleiden. Es kann hierbei nicht unbemerkt bleiben, daß sich diese nachtheilige Einwirkung der Verkeilung auf die einzelnen Stöcke eines Keilgevieres um so mehr zeigt, je höher dasselbe im Verhältnisse seiner Stärke ist. Man zieht es daher wohl mit Recht vor, zwei niedrige Keilgeviere unmittelbar über einander zu legen, als ein hohes. Die eine Fuge, welche man mehr erhält, ist unerheblich gegen den Vortheil der leichteren Arbeit und des sicheren Verschlusses, der dadurch erlangt wird.

Das unterste Aufsatzgeviere, welches unmittelbar auf das Keilgeviere gelegt wird, wird genau passend für diese Biegung und Abschrägung geschnitten, so daß seine obere Fläche genau horizontal zu liegen kommt. Hinter jedem Aufsatzgeviere wird ein Streifen von Leinwand, $2\frac{3}{4}$ Zoll breit, befestigt, welcher die Fugen deckt, damit der Mörtel, welcher zur Ausfüllung des hintern Raumes angewendet wird, nicht durch dieselben hindurchdringen könne. Dieser Mörtel, aus hydraulischem Kalk mit einem Zusatze von Ziegelmehl und Steinkohlen-Cindern bestehend, wird in einem ganz flüssigen Zustande hinter die Aufsatzgeviere gegossen, damit er alle Räume vollständig ausfülle. Es ist oft schwierig, zu verhindern, daß er von den stark hervorquellenden Wassern nicht fortgerissen werde; deßhalb bleibt man auch mit dem Ausgießen etwa um 3 Fuß hinter dem Rande der Aufsatzgeviere zurück. Es haben sich sogar Fälle ereignet, wo es nicht möglich war, von dem Mörtel Gebrauch zu machen, und wo der Raum hinter den Aufsatzgevieren leer gelassen werden mußte. Es ist dieß nicht angemessen, und würde in solchen Fällen wohl immer auf Ausfüllung mit Holzkeilen Rücksicht genommen werden müssen.

Gelangen die Aufsatzgeviere bis unter ein oberes Keilgeviere, so wird der Raum für das Schlußgeviere genau abgemessen, um demselben die erforderliche Höhe zu geben. Das Gestein, welches bis dahin unter dem Keilgeviere stehen bleibt, wird in einem Stoße nach dem anderen fortgehauen, und alsdann sogleich der entsprechende Theil des Schlußgevieres eingelegt. Dieselben werden auf ihrer innern Seite mit geschraubten Handgriffen ver-

sehen, um sie in den Schacht hineinziehen zu können, nachdem sie in einer schrägen Richtung hineingesteckt worden sind.

Die horizontale Verkeilung unter dem obern Keilgeviere wird ganz auf dieselbe Weise, wie die senkrechte, hinter demselben zwischen den Flächen beider Geviere ausgeführt; die Keile werden rechtwinklig gegen die Schachtstöße eingetrieben.

Das Kalfatern der Fugen zwischen dem Aufsatzgeviere wird von oben angefangen und rückt nach unten hin fort, damit die herabfließenden Wasser dabei nicht hinderlich werden. Bei großem Wasserdrucke müssen inwendig Deckleisten über die Fugen genagelt werden, damit die Seilfäden nicht herausgedrückt werden können.

Wenn ein Keilgeviere auch anfänglich die Wasser vollkommen zurückhält, so gebietet doch die Vorsicht 2 bis 3 Meter tiefer ein zweites, hier wohl ein doppeltes (zwei unmittelbar über einander), oder noch tiefer ein drittes. Wenn die Keilgeviere in geringen Abständen über einander liegen, so darf die horizontale Verkeilung nicht sogleich angebracht werden, weil dadurch ein zu starker Druck auf die Gesteinsbrust ausgeübt wird, auf welcher das untere Keilgeviere aufruht. Ist dieses Gebirge aber so milde, daß es nicht einmal die Spannung der Kalfaterung aushalten würde, ohne nachzugehen, so muß auf eine anderweitige Sicherung Bedacht genommen werden. Unter dem unteren Keilgeviere werden starke Eisenstangen, Fig. 10., gelegt, und an einem Geviere, über dem zu kalfaternden Stücke der Zimmerung, werden starke Holzstücke in den Ecken angenagelt und an diesen mit Eisenstangen, die einen Splißnagel und oben Schraubenmuttern haben, das untere Geviere aufgehängt und das ganze Stück der Zimmerung zusammengespannt.

Biegt sich irgend ein Geviere durch, so sucht man dasselbe durch vorgelegte Eisenschienen zu halten; bricht ein Joch oder eine Kappe, so muß zu Auswechselung geschritten werden; dasselbe wird herausgehauen, und ein neues, etwas kürzeres und nach hinten zu verschwächtes eingezogen und genau so, wie bei Legung eines Schlußgevieres, verfahren. Bei der Schwierigkeit dieser Arbeit ist es durchaus nothwendig, bei der Auswahl der zu dieser Zimmerung zu verwendenden Hölzer mit großer Sorgfalt zu verfahren, und nur ganz gesunde, durchaus astfreie dazu zu verwenden; dies läßt sich bei kurzen Holzstücken, wie sie zu achteckigen Schachten gebraucht werden, viel leichter erreichen, als bei langen, welche durch quadratische oder in einem höheren Maße durch oblonge bedingt werden.

Wasserdichte Zimmerung in obern, wasserreichen Gebirgslagen im Worm-Reviere. In den westlichen und noch mehr in den nordwestlichen Theilen des Wormreviers werden die Steinkohlenflötze von horizontalen, sehr verschiedenartigen Schichten bedeckt, unter denen sich ein sehr wasserreicher grober Sand oder Grand auszeichnet, welcher in der Gegend Fluß genannt und unter Lehm und trockenem Sandlager in der Tiefe von weniger als 50 Fuß angetroffen wird. Derselbe besitzt eine Mächtigkeit von 2 bis in seltenen Fällen 30 Fuß. Gewöhnlich liegt unter demselben ein wasserhaltendes Lettenlager, Kruste genannt, selten über 4 Fuß

stark, und in Bezug auf die Durchteufung der obern, wasserreichen Sandschichten von großer Wichtigkeit. Unter demselben folgt ein thoniges Gebirge, **Backert** oder **Bagger**, das theils aus einer örtlichen Zersetzung des Schieferthons der Kohlenformation hervorgegangen zu sein scheint, theils sich als ein zäher, graulich schwarzer Letten darstellt, aber wohl ohne scharfe Grenze in das darunter liegende Kohlengebirge übergeht.

Wo die Kruste unter dem Flusse fehlt, wird es in der Regel nicht möglich sein, einen Schacht durchzudringen und die, in demselben liegenden Wasser abzudämmen; hiervon muß man sich daher schon vorher überzeugen.

Das Verfahren, dessen man sich bei dem Abteufen und der Verdämmung bedient, ist folgendes, so wie es auf einem Schachte der Grube Spanbruch 1822 zur Anwendung kam.

Der Schacht wird in größeren Dimensionen, als ihm späterhin verbleiben sollen, in Bolzenschrotzimmerung bis auf die Kruste, also durch den Fluß hindurch, abgeteuft, Fig. 11., Taf. XV.; in der Kruste fängt man alsdann an, eine ganze Schrotzimmerung, aus $3\frac{1}{2}$ Zoll starken Bohlen, die an den Enden in einander gespündet sind, so aufzusetzen, daß zwischen der äußern Zimmerung und dieser innern ein Raum von etwa 7 Zoll frei bleibt. Die einzelnen Geviere dieser Schrotzimmerung werden genau schließend gearbeitet und unter einander durch Zapfen verbunden; und so führt man diese innere Zimmerung etwas über den Fluß hinaus. Die Fugen werden mit Moos verstopft und der Zwischenraum zwischen den beiden Zimmerungen mit gut durchgearbeitetem Letten ausgeschlagen. Ist der Fluß nicht sehr mächtig, wie in dem angeführten Falle, nur gegen $2\frac{1}{2}$ Fuß, so reicht man hiermit aus, um die in demselben stehenden Wasser vom Schachte abzuhalten; besitzt derselbe aber eine größere Mächtigkeit, die Wasser also eine größere Druckhöhe, so wird in diesen Räumen eine zweite Schrotzimmerung von 6 Zoll starkem Holze, in ganz gleicher Weise von der Kruste bis über den Fluß hinaus aufgeführt, wobei man etwa einen Raum von 6 Zoll hinter denselben offen läßt, welcher ebenfalls mit gut durchgearbeitetem Letten dicht ausgeschlagen wird. Durch diese Mittel gelingt es hier, die Wasser abzuhalten, und der Schacht wird alsdann mit Bolzenschrot und Verpfählung weiter abgeteuft, so daß die Wasser nicht unter der einfachen oder doppelten ganzen Schrotzimmerung durchbrechen können.

In **England** wendet man entweder die weiter oben bei'm allgemeinen Verfahren beschriebene, oder die sogleich zu beschreibende gußeiserne, oder die im Vorhergehenden beschriebene, im Norddepartement benutzte Verdämmung an, und zwar mit 8- oder 10eckigen Kränzen. Von der frühern viereckigen ist man jetzt überall abgekommen, indem man einsah, daß bei den viereckigen Schachten die einzelnen Jöcher und Kappen zu lang wurden, um dem ungeheuren Drucke Widerstand zu leisten, und es große Schwierigkeiten fand, schließende Verbindungen in den Ecken herzustellen. Mit Bezug auf die so eben beschriebene Abdämmungsmethode im Norddepartement bemerken wir hier noch Folgendes: Bei'm stärksten Drucke wendet man in England Kranzstücke von 4 Fuß Länge, 10 Zoll Stärke, 7 bis 8 Zoll Höhe vom besten Eichenholz an, deren Ganzes einen Zirkel bildet.

Zwischen den Köpfen der einzelnen Kranzstücke werden dünne Brettchen mit der Stirn nach der innern Schachtseite gelegt, und eben so zwischen den auf einander folgenden Kränzen, deren Stücke über einander greifen. Bei dem Verkeilen des untersten Kranzes stellt man die Keile nicht in concentrischen Ringen, weil dadurch ein ungleichförmiger Druck auf den obern und untern Theil des Kranzes ausgeführt wird, sondern in diagonalen Reihen, wobei ebenfalls eine völlige Verdichtung erreicht wird. Der Raum zwischen den Kränzen und dem Gesteine wird ganz mit Holzstücken ausgefüllt. Die Verkeilung der vertikalen und horizontalen Fugen beginnt erst, nachdem alles Holz gelegt ist; die Keile werden reihenweis nach einander angezogen. Während dieser Arbeit läßt man das Zapfloch im untern Kranze noch offen und schließt es erst, wenn dieselbe beendigt ist. Mit den vertikalen Holzstücken der einzelnen Fugen wechselt man ab, so daß dieselben nicht alle in einem Lothe zu liegen kommen, als bei den 8-, 10- und 15eckigen Kränzen. Mörtel hinter den Kränzen wird nicht angewendet.

Gußeiserne Abdämmung. Die besten Cuvellirungen sind diejenigen, bei denen Segmente von Gußeisen angewendet werden. Der erste Versuch dieser Art ward im Jahre 1795 durch Hrn. Barnes im Königsschachte auf der Grube Walker bei Newcastle ausgeführt. Er wendete gegossene eiserne Cylinder an, die an ihrem nach unten gekehrten Umfange mit einer Schneide versehen waren und entweder durch Gewichte oder durch Schrauben zum Senken gebracht wurden. Dieses Verfahren zeigt sich aber nur zu Anfange eines Abteufens anwendbar. Hr. Buddle wendete 1796 zuerst, statt der aus dem Ganzen gegossenen cylindrischen Ringe, einzelne Segmente an, die zu einem Cylinder zusammengesetzt wurden. Die Ohren oder Laschen, mit welchen die einzelnen Segmente an einander befestiget werden, sind nach innen, nämlich nach der Schachtöffnung, gerichtet. Die Befestigung geschieht durch Bolzen oder durch Schrauben. Die innere Fläche, welche durch die neben und über einander liegenden cylindrischen Segmente gebildet wird, muß mit schwachen Fichtenbrettern verschalt werden, damit die aufstehenden Verbindungslaschen das Hängenbleiben der Fördergefäße nicht veranlassen können. Dieses Verfahren ist jedoch kostbarer, als die gewöhnliche hölzerne Verdämmung.

Endlich wurden 1804, auf dem Schachte Houdon, zum ersten Male gußeiserne Rahmenstücke angewendet, welche weder an einander gebolzt, noch an einander geschraubt wurden, und bei denen die Verbindungslaschen nach außen gekehrt waren. Dieses Verfahren ist seitdem fast allgemein in England, wenn eine Verdämmung der Schachte erforderlich ist, eingeführt worden. — Es ist einleuchtend, daß der Druck mit der größern Teufe zunimmt, und daß daher die Eisenstärke in größern Teufen auch verhältnißmäßig größer sein muß.

Der Director einer nahe bei Newcastle liegenden Grube, Herr Dunn, ließ einen Schacht abteufen, wobei man durch das getroffene schwimmende Gebirge große Hindernisse erfuhr. In einer Teufe von 7 Lachtern kam man auf eine Wasserquelle, die in der Minute 200 Gallonen Wasser lieferte, konnte jedoch bis zu einer wasserdichten Gebirgsschicht mit dem Ab-

teufen niederkommen. Auf diese ward, vollkommen horizontal, ein sehr genau und sorgfältig gearbeiteter Kranz gelegt, dessen Umfang mit Segmenten aus Eichenholz von 9 Zoll Länge und 8 Zoll Stärke aufgefüttert und die Segmente mit glatten tannenen Brettern sorgfältig gedichtet wurden. Mit dem so vorgerichteten Kranze ward zum Picotiren geschritten. Ueber dem Kranze ward eine Cuvelage aus gußeisernen Segmenten von 4 Fuß Länge, 2 Fuß Höhe und $\frac{5}{8}$ Z. Dicke vorgerichtet. Die Verbindungslaschen sprangen in einer Länge oder Höhe von 3 Zoll nach dem äußern Umkreise vor. Zwischen den gußeisernen Segmenten ward ein tannenes Brett zur Verdichtung eingeschoben und der leere Raum hinter den Segmenten mit Holz, Steinen oder Erde ausgefüllt. Diese Vorrichtung diente als Grundlage für die aufzuführende Mauerung, wodurch der Zudrang der Wasser vollständig abgeschnitten ward. 22 Lachter vom Tage nieder traf man eine Kluft, die in der Minute 300 Gallonen Wasser schüttete und mußte noch 6 Lachter niedergehen, um eine wasserdichte Schicht zu finden. Hier wurden zwei Picotagen vorgerichtet und darüber eine gußeiserne Cuvelage von $6\frac{1}{2}$ Lachter Höhe. Jedes Segment hatte dieselben Dimensionen, wie die Segmente der obern Picotage, aber die Eisenstärke betrug $\frac{1}{2}$ Zoll. Diese zweite Cuvelage ward oben abermals mit einer Picotage versehen, die eine Reihe von Spreizen enthielt, welche einen Druck von oben nach unten ausüben. In 36 Lachter Teufe mußte eine dritte Verröhrung des Schachtes von 24 Fuß Höhe vorgenommen werden. Endlich in 24 Lachter Teufe fand eine vierte Cuvelage statt, wobei die Eisenstärke der Segmente $\frac{5}{8}$ bis $\frac{6}{8}$ Zoll betrug.

Fig. 9., Taf. XVI. ist ein senkrechter Durchschnitt von einem Theile dieser gußeisernen Cuvelage nebst der obern und untern Picotage. Die senkrechten Fugen der Kreissegmente stehen nicht über einander, und zwischen allen waren, wie in den horizontalen, dünne Brettchen angebracht. Den leeren Raum hinter der Cuvelage und vor dem Gebirge versetzte man mit Holz, Steinen und anderm Versatz. Auf die ganze gußeiserne Cuvelage wurde eine runde Schachtmauerung gesetzt, und wo die Fugen nicht dicht waren, wurden Keile eingetrieben. — Nachdem aber der ganze Schacht auf die beschriebene Weise wasserdicht gemacht worden war, hatten die Brunnen in seiner Umgegend wiederum Wasser. Hr. Buddle verdämmte in der Nähe von Newcastle einen Schacht, 61 Lachter hoch, mit gußeisernen Segmenten, die 6 Fuß lang, 2 Fuß hoch und 1 Zoll stark und außen mit starken Kränzen, auch mit Verstärkungsrippen versehen waren.

Hölzerne Verdämmung mit gußeiserner Armirung. Wären die Hölzer, mit denen man die Cuvelirung ausführte, zu schwach, so daß sie von den Wassern gebogen würden, so könnte man die Kränze oder Jöcher durch eiserne Armaturen verstärken, welche in der Mitte von der Höhe der Seiten angebracht werden. Hr. Evrard hat in den Annales des Mines, 4. Reihe, Bd. 2, S. 701 ꝛc., ein solches System von Armirungen beschrieben, welches er bei der Cuvelirung eines Schachtes zu Vicoigne in Frankreich angewendet hat. Die Armirung eines jeden Kranzes besteht aus zwanzig Stücken Gußeisen, die an den Stücken der zehnseitigen

Kränze festgenagelt und durch eiserne Schließkeile mit einander fest verbunden sind. Es bildet daher die Armatur eines Kranzes im Innern einen Kreis. Um die Vorsprünge, die dadurch entstanden sind, und an denen die Fördertonnen hängen bleiben könnten, zu vermeiden, ist es nothwendig, im Innern des Schachtes einen Lattenbeschlag anzubringen, der an Klötzen befestigt werden kann, die man auf die Kränze nagelt. Hr. Evrard bemerkt, daß eine auf diese Weise mit Gußeisen armirte Cuvelirung etwas wohlfeiler, als eine bloß hölzerne sei, welche eben so vollständigen Widerstand zu leisten vermöge, als jene. Jedoch dürfte man nur dann zu diesem Mittel greifen, wenn die Anschaffung von starkem und fehlerfreiem Eichenholze mit großen Schwierigkeiten verbunden ist.

Reparatur der Cuvelirungen. Sowohl die hölzernen, als auch die gußeisernen Verdämmungen müssen aus sehr guten, mit der größten Sorgfalt ausgewählten und geprüften Materialien bestehen, damit diese Art des Schachtausbaues so wenig als möglich Reparaturen bedürfen, die stets sehr schwierig und nachtheilig sind. Wenn das Stück einer hölzernen Cuvelirung durch den Druck zerbricht, denn dem Faulwerden ist sie sehr wenig unterworfen, weil das stets auf sie einwirkende Wasser sie dagegen schützt: so befestigt man die übrigen Seiten desselben Kranzes, mittelst eisernen Bändern und Holzschrauben, mit den obern und untern Kränzen. Auch das unmittelbar über dem beschädigten Kranzstücke befindliche Stück befestigt man an dem obern. Darauf hauet man das zerbrochene Stück mit der Axt heraus und ersetzt es durch ein anderes, welches man auf dieselbe Weise einbringt, wie das Schlüsselstück bei dem obersten Kranze einer Cuvelirung. Nachdem dieß geschehen ist, kalfatert man alle horizontalen Fugen von neuem und verdichtet sie selbst durch eine horizontale Verkeilung, die unter dem nächsten Trage- oder Keilkranze über der reparirten Cuvelirung angebracht wird.

Wenn die durch die gemachte Oeffnung durchbrechenden Wasser bei der Auswechselungsarbeit hinderlich wären, so könnte man sie durch einige Löcher, welche durch untere Kränze gebohrt werden, und welche später wieder verspündet werden, abfließen lassen.

Ist ein Trage- oder ein Keilkranz durch einen Bruch unbrauchbar geworden, so muß er ganz ausgewechselt werden, und zu dem Ende ist es erforderlich, mehrere darüber befindliche Kränze auch wegzunehmen und den übrigen Theil der ohne Stütze befindlichen Cuvelirung an den obern Trage- und Keilkränzen aufzuhängen. Man sieht übrigens ein, wie wichtig es ist, solche Auswechselungen und Reparaturen zu vermeiden, weil die Wasserhaltungsmaschinen der verdämmten Schachte leicht unzulänglich sein können, um die vielen, bei einer Reparatur im Schachte aufgehenden Wasser gewältigen zu können. Die Folgen sind alsdann eine längere oder kürzere Betriebsunterbrechung und ein Ersaufen von einem Theile der Baue.

Bei gußeisernen Cuvelirungen begnügt man sich oft genug, die zerbrochenen Segmente durch eiserne Bänder und Krampen zu halten und das durchsickernde Wasser durch ein Kalfatern aufzuhalten. Wenn diese Schutzmittel unzureichend sind, so muß man das zerbrochene Segment mit einem Schlägel zerschlagen und es durch ein anderes ersetzen.

Inhalt.

Einleitung . . . . Seite 1

Erster Abschnitt.

Von den Wasserlosungsstollen.

Anlage derselben 4
Dimensionen . . . . —
Betrieb 5
Vorsichtsmaßregeln, um zu verhindern, daß die Wasser nicht tiefern Bauen zufallen 6

Zweiter Abschnitt.

Von der Wasserhebung, Wasserhaltung oder Wassergewältigung.

Erstes Kapitel.

Wassereimer oder Wassertonnen 6
Paternosterwerke oder Kastenkünste 8

Zweites Kapitel.

Von den Pumpen 9
Hölzerne Pumpen von geringen Dimensionen . . . . . —
Große hölzerne Pumpen. Niedrige Sätze 12
Hölzerne Kunstsätze, die beim Abteufen angewendet werden . . . 14
Hohe Sätze 15
Druckpumpen mit hohlen Kolben . . . . —
Pumpen mit massivem Kolben 21
Taucherkolben . . . . —
Vortheile der massiven Kolben 23
Die Luft häuft sich nicht in dem obern Theil der Kolbenröhre an . . —
Pumpen mit massiven Kolben, welche sich in ausgebohrten Cylindern bewegen 24
Einrichtungen zur Erleichterung der Controle über den Zustand der Ventile 27
Verbindungen mit metallenen Muffen 28
Taucherkolben zu Huelgoat . . . . —
Kolbenventile zu Huelgoat 29
Ventile mit doppeltem Sitz, wodurch Stöße und Erschütterungen vermieden werden . . . . —

Nothventil . . . . Seite 31
Mönchspumpe im Davider Schacht zu Freiberg 33
Die Mönchspumpe 34
Stellung der Kunstsätze in dem Schacht 37
Vorsichtsmaßregeln gegen Gestängbrüche 40
Vorrichtungen zu Huelgoat 41
Kolbenröhre, Steig= und Saugröhren . . . . —
Kunstsätze in donlägigen Schachten 43
Einwirkung vitriolischer Wasser auf eiserne Röhren . . . . —
Ausfütterung eiserner Röhren mit Holz 44
Vorbereitung der Röhren mit trocknenden Oelen . . . . . —
Eisenstärke der Röhren 45
Probiren der Röhren 46
Blecherne Röhren . . . . —
Wandstärke der Ventilkasten 47
Aufstellung der Pumpen 48
Winde . . . . —
Aufstellung der Kunstsätze, welche durch eine doppelt wirkende Triebkraft bewegt werden 49
Hölzerne Pumpengestänge 51
Aufstellung von Pumpen in den im Absinken begriffenen Schachten . 59
Vorrichtungen beim Absinken der Schachte im schwimmenden Kreidegebirge im nördlichen Frankreich . . . . —
Schraubensenkzeuge für Schachtpumpen 62
Geschwindigkeit der Kolben und der Pumpenstangen 73
Verlust . . . . —
Passive Widerstände 74
Neues Wasserhebungssystem 79

Drittes Kapitel.

Von den Bewegungs= oder Triebmaschinen zur Wasserhebung . . 81
I. Wasserräder 82
Feldgestänge 87
Effect einiger Wasserräder 90
II. Wassersäulenmaschinen 91
Allgemeine Einrichtung und der Maschine zu Huelgoat insbesondere . —
Steuerungsapparat 93
Regulirung desselben 94
Steuerungs=Mechanismus 95
Mittel, um den Lauf des Treibekolbens zu verändern und um die Maschine aufzuhalten 96
Steuerungskolben 97
Vortheile einer stufenweisen Steuerung . . . . . . —
Dimensionen des Steuerungskolbens 98
Moderator zur Veränderung des Ganges der Maschine . . . 99
Nebeneinrichtungen . . . . —
Liderungen der Kolben und Stopfbüchsen 100

Aufstellung der Maschine. Einrichtung des Ganzen . . . Seite 102
Schachtgestänge 104
Zweites Gestänge: Eiserne Ketten . . . . —
Steigeröhren des Kunstsatzes 106
Verbindung der Röhrensäulen . . . . —
Kraftverlust . . . . —
Vorsichtsmaßregeln gegen den Bruch der Pumpenstangen . . . 107
Wassersäulenmaschinen zu Clausthal 108
III. Dampfmaschinen 111
Cornwalliser Maschinen . . . . —
Kessel . . . . —
Das Ganze der Maschine 112
Spiel der Maschine 115
Cataract 116
Spiel der Ventile 117
Mittel, den Verbrauch der Dämpfe zu reguliren 118
Druck der Dämpfe in den Kesseln 119
Hauptdimensionen . . . . —
Beobachtete Resultate. Kolbengeschwindigkeit 120
Vortheile der Cornwalliser Maschinen. Regeln für ihre Aufstellung . 122
Allgemeine Bemerkungen über Dampfmaschinen 123
Indicator . . . . —
Aufstellung und Gebrauch desselben 126
Ursachen der Differenz des Dampfdrucks in dem Kessel und in dem Cylinder 130
Mittel, den Ueberschuß des Drucks in dem Kessel zu vermindern . 131
Schädliche Wirkungen des Wassergehalts von dem Dampf . . . 132
Einfluß der Masse der Gestänge auf die Bewegung des Kolbens und auf die Mitführung von Wasser . . . . —
Masse, welche durch den Triebkolben in den Cornwalliser Maschinen bewegt werden muß 133
Der Nutzeffect einer gegebenen Gewichtsmenge von Dampf hängt nicht allein von den Verhältnissen der Maschinen ab . . . . —
Flüssigwerden des Dampfes in den Röhren und Cylindern . . 134
Mäntel um die Cylinder . . . . —
Aeußere Erwärmung der Cylinder mittelst der heißen Gase, welche sich auf dem Roste des Herdes entwickeln . . . . . . —
Folgerungen aus den mitgetheilten Thatsachen 135
Verbesserungen, deren die Cornwalliser Maschinen fähig sind. Nutzeffect und Brennmaterialverbrauch derselben . . . . . —
Maschinen mit zwei Cylindern 138
Wirkliche Ursachen des großen Nutzeffects der Cornwalliser Maschinen 139
Der Balancier kann bei den Wasserhaltungsmaschinen weggelassen werden 140
Herde und Kessel . . . . —
Wassermenge, welche durch 1 Kilogr. Steinkohlen verdampft wird . 141
Wassermenge, welche in den Cornwalliser Kesseln verdampft wird . —

Wattsche Kessel für Niederdruck und Cornwalliser Kessel für Mitteldruck . . . . Seite 141
Cylindrische Kessel der Grube Rocher=Bleu 146
Besondere Arten von Wasserhaltungsdampfmaschinen 148
Direct wirkende in Belgien . . . . —
Oberschlesische Wasserhebungsmaschinen ohne Balancier . . . 159
Dampfmaschine auf der Verona=Grube bei Tarnowitz . . . 163

Dritter Abschnitt.

Von der Verwahrung der Grubenbaue gegen die eindringenden Wasser durch Dämme und wasserdichten Ausbau.

Von dem Verspünden oder der Vorrichtung von Dämmen zum Zurückhalten der Wasser . . . . Seite 172
Dämme von aufrecht stehenden Balken auf der Steinkohlengrube Chartreuse bei Lüttich 174
Damm von liegenden Balken zu Huelgoat 177
Schleusenartiger Balkendamm in der Grube Chartreuse . . . 181
Dämme auf der Steinsalzgrube zu Dieuze 182
Keildämme auf der Spannbruch=Grube bei Aachen 183
Keildämme oder Keilverspünden im sächsischen Erzgebirge . . . 186
Horizontale Dämme 197
Balkendamm in der Centrumgrube bei Eschweiler . . . . . —
Horizontaler Damm von Ziegelsteinen im franz. Norddepartement . 199
Das Verdämmen von saigern Schachten, die im festen Gestein abgeteuft sind 200
Unter welchen Umständen die Abdämmung angewendet wird . . —
Allgemeines Verfahren beim Abdämmen 201
Wasserführendes Gebirge im Hangenden der Steinkohlenformation im franz. Norddepartement 203
Cuvelage im Norddepartement . . . . —
Wasserdichte Zimmerung und Verdämmung im Schafbreiter Revier bei Eisleben 209
Wasserdichte Zimmerung in einem Förderschachte der Guleygrube im Wormreviere bei Aachen 214
Wasserdichte Schachtzimmerung in der Steinsalzgrube zu Vic in Lothringen 216
Abteufen 217
Ausführung der Zimmerung 218
Wasserdichte Zimmerung in obern, wasserreichen Gebirgsschichten im Wormreviere 220
Gußeiserne Abdämmung 222
Hölzerne Verdämmung mit gußeiserner Armirung 223
Reparatur der Cuvelirungen 224

Bayerische Staatsbibliothek München

Fig. 1.

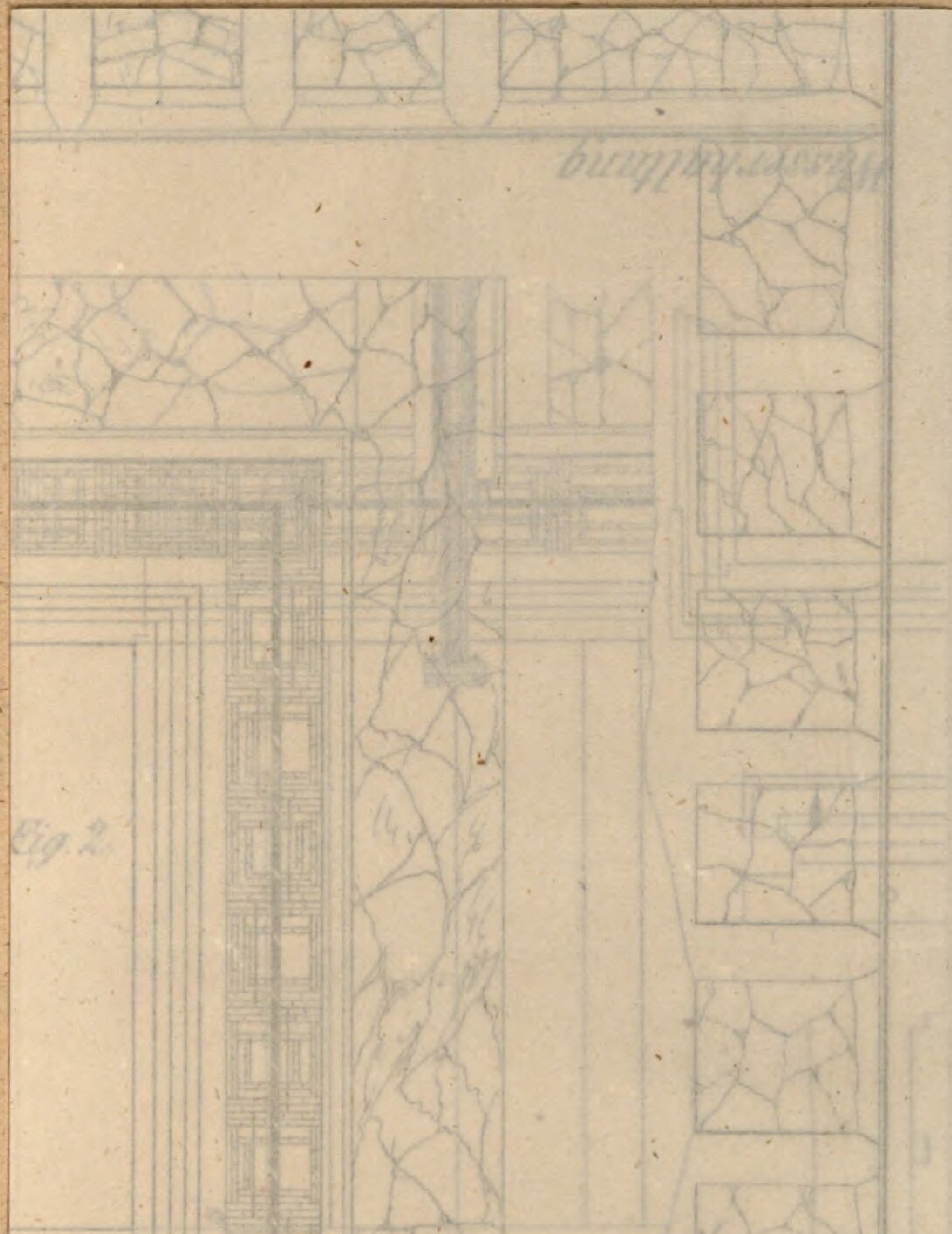

Fig. 2.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Neuer Schauplatz der Bergwerkskunde mit Berücksichtigung der neuesten Fortschritte und Entdeckungen

Bd.: 5

Quedlinburg [u.a.] 1847

BHS I B 27-5
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10705497-9